This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

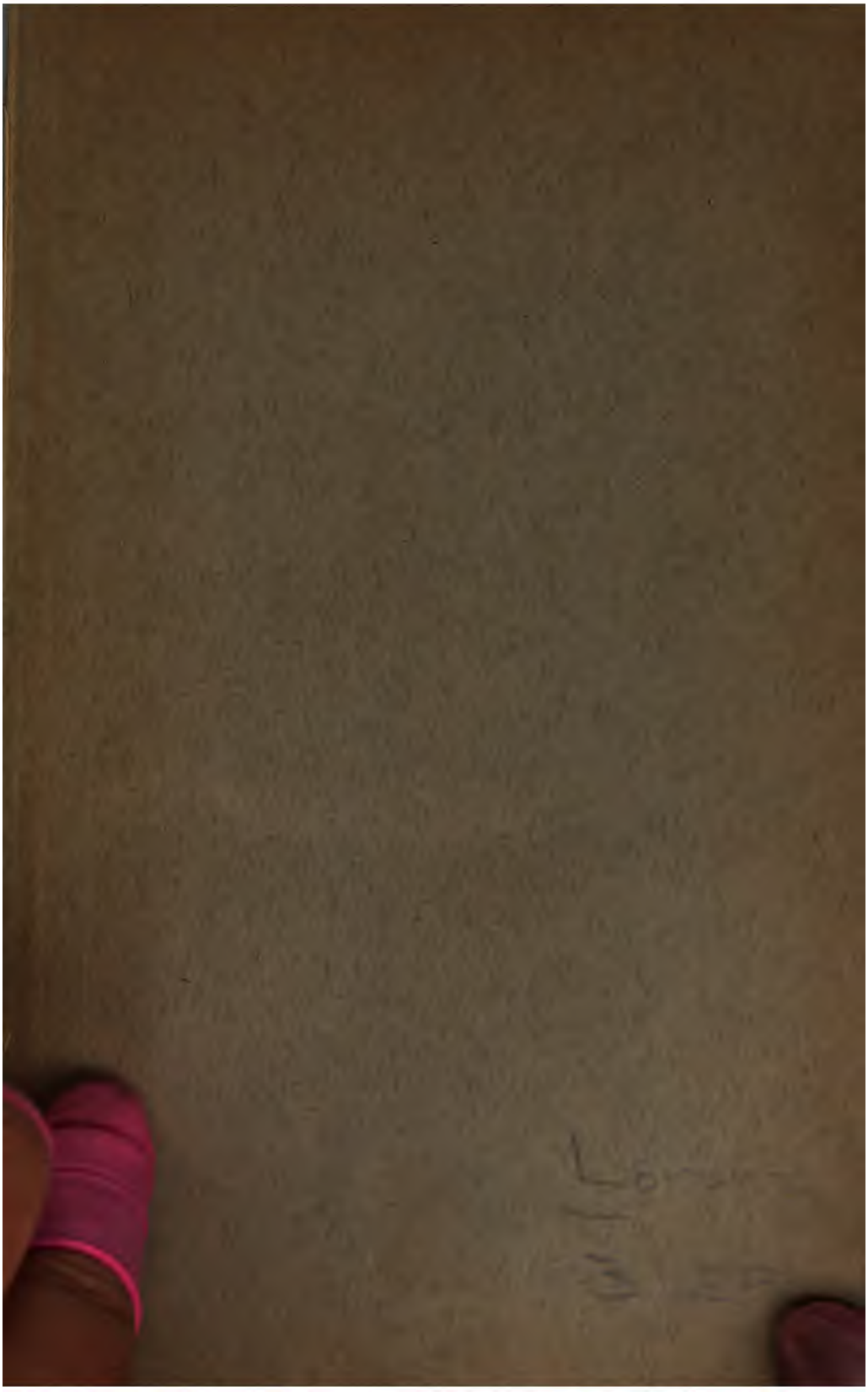
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06633589 8



Engineering

Atlas with VDF

Praktiſcher Tunnelbau

in ſeinem ganzen Umfange,

nebſt

Beſchreibungen ausgeführter Tunnelbauten.

Von

Alfred Lorenz,

k. k. Ingenieur für Eiſenbahnbauten.

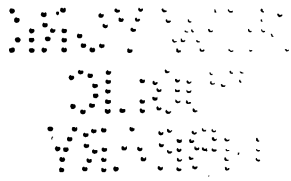
Mit einem Atlas von 23 Kupfertafeln.

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK

Wien.

Druck und Verlag von Carl Gerold's Sohn.

1860.



Vorrede.

Das vorliegende Werk wage ich als ein Resultat mehrjähriger praktischer Erfahrung und eines mit Liebe dem interessanten Stoffe zugewandten Studiums dem technisch-gebildeten Publikum zu übergeben. In der Ueberzeugung, daß eine Betrachtung und Erforschung der österreichischen Tunnelbauten allein, eine entschieden einseitige Auffassung des Gegenstandes zur Folge haben müßte, habe ich nicht unterlassen, die wichtigsten im Bau begriffenen Tunnels in der Schweiz und Deutschland aus eigener Anschauung kennen zu lernen; die auf diese Weise angestellte Reise, über welche ich in der österreichischen Ingenieur-Vereins-Zeitschrift, Jahrgang 1859, weitläufiger berichtet habe, hat meine Zwecke auf das beste gefördert, aber zugleich die längst gehegt Ueberzeugung von der Nothwendigkeit einer zusammenfassenden Arbeit über diesen wichtigen Zweig des Eisenbahnbauwesens in mir befestigt. Dieß gab mir den Muth, mit diesem Werke vor die Oeffentlichkeit zu treten, welches ich der nachsichtigen Beurtheilung der Fachgenossen hiemit übergebe. Ich darf sie insoferne wenigstens für mich in Anspruch nehmen, als es bisher an einer größeren Arbeit dieser Art gemangelt hat, und diese Lücke in der Literatur der Baukunst von allen praktischen Ingenieuren

lebhaft gefühlt ist. Wenn es mir gelungen wäre, einigermaßen durch mein Buch einem Bedürfnisse abzuhelfen, so wäre der Zweck desselben erfüllt. Möchte es zugleich eine Anregung zu allgemeinerer Verbesserung der Tunnelbauten zu geben vermögen, so würde ich hierin die reichste Anerkennung und den besten Lohn meiner Arbeit erblicken.

Wien im Oktober 1859.

Der Verfasser.

Einleitung.

Bei dem Aufschwunge, den das Eisenbahnwesen heutzutage genommen hat, und bei dem Umstande, daß eine Rampe von 1 : 25 für unsere durch Erfindungen so vielfach verbesserten Lokomotive kein Hinderniß mehr bildet, ist es möglich geworden, daß man nicht schon bei dem bloßen Gedanken, eine Eisenbahn über die größten Gebirgsketten zu führen, wie ehedem zurückschreckt.

Hiedurch mußten aber auch Bauten in das Leben gerufen werden, welche früher sehr selten, und nur, wenn es die dringendste Nothwendigkeit gebot, ausgeführt worden sind.

Welcher Unterschied in dieser Beziehung zwischen jetzt und früher eingetreten ist, zeigt sich am besten an den Tunnelbauten, welche früher sorgfältig vermieden worden sind, und wobei es vorkam, daß man nicht selten, ehe man sich zu einem solchen Bau entschloß, lieber eine ganze Bahnlinie verlegte, oft genug eine ungünstigere wählte.

Trotzdem gehört der Tunnelbau nicht der neueren Zeit an, sondern ist sehr alten Ursprunges. Es sind Beispiele davon aus den Zeiten der Römer aufbewahrt. So erzält Seneca, daß er sich vor Neapel habe durch eine Grotte tragen lassen, welche künstlich in den Berg gehauen war. In welche Zeitepoche dieses Werk fällt, ist nicht bekannt, obgleich darüber viele Sagen existiren. Aus den ersten Jahren des vorigen Jahrhundertes kennt man derartige Bauten, welche heutzutage zwar vergrößert, aber doch noch benützt werden; man darf sich bloß erinnern an das Urner und Urseler Loch auf der Gotthardstraße. Dieser Tunnel wurde im Jahre 1707 er-

baut, hatte damals eine Länge von 35 bis 40 Klaftern, eine Höhe von 8 bis 9 Fuß, eine Breite von 7 bis 8 Fuß. Die großen prachtvollen Straßenzüge der Schweizer Hochalpen, die in den Anfang dieses Jahrhundertes gehören, über den Gotthard, Simplon, über das Stillser Joch und andere mehr haben bereits Tunnels von den größten Dimensionen.

Betrachtet man indessen diese älteren Tunnelbauten näher, so wird man bald finden, daß sie alle in einem sehr festen, sich selbst tragenden Gebirge getrieben sind, und man kann sich des Gedankens nicht erwähren, daß man ehemals der Ansicht gewesen sein müßte, der Bau eines Tunnels sei bloß in festem Felsenmateriale möglich.

Obgleich also der Ursprung des Tunnelbaues weit früheren Zeitepochen angehört, so gebührt doch erst unserer letzten Zeit das Verdienst, daß Tunnels in jedem vorkommenden Materiale gebaut werden. Schon bei vielen Kanalbauten in Frankreich und England in den ersten drei Jahrzehenten dieses Jahrhundertes wurden Tunnels in Gebirgsformationen angebracht, welche nicht ganz fest sind und sich nicht selbst erhalten können, sondern die mit Mauerwerk verkleidet werden müssen. Trotzdem sind doch erst durch die Vollendung des Themsetunnels vom Ingenieuer Brünel die Tunnelbauten zu ihrer Berühmtheit gelangt, und dieser hat den Beweis der Möglichkeit, Tunnels in jedem Materiale treiben zu können, geliefert.

Während der letzten 20 Jahre hat die Anzahl und Länge der Tunnelbauten von Jahr zu Jahr zugenommen und besonders in den letzten 5 bis 6 Jahren sich bedeutend vermehrt. Dennoch dürfte diese Zahl noch nicht ihr Maximum erreicht haben; denn bei dem Umstande, daß in so ziemlich allen Ländern die flächeren Gegenden mit Eisenbahnen durchkreuzt, gegenwärtig aber die Verbindungen derselben, welche die höheren Gebirgszüge übersteigen müssen, herzustellen sind, werden künftig unstreitig sowohl die Zahl als auch Längen der Tunnelbauten in einem weit größeren Verhältniß zu den einzelnen Bahnlängen stehen als bisher.

In dem Jahre 1842 beschränkte sich der Tunnelbau im Kaiserthum Oesterreich auf die beiden Tunnels bei Triebitz und Kotzen mit einer

Länge von 400 Klaftern; gegenwärtig haben die sämmtlichen Tunnels der Eisenbahnen Oesterreichs eine Länge von 11,420 Klaftern, deren Bau beinahe zu zwei Drittel in die Zeit von 1850 bis jetzt fällt.

England hat während des Zeitraumes der Bauten seiner Eisenbahnen, also in den letzten 30 Jahren über 40,000 Klftr. Länge Tunnels gebaut. In der Schweiz, welches Land erst in den letzten Jahren begann Eisenbahnen anzulegen, gibt es gegenwärtig 6600 Klafter Länge Tunnels.

Der Tunnelbau gehört zu einer der umfangreichsten Aufgaben der Bautechnik, da er so viele einzelne Zweige derselben in sich begreift, welche alle auf das engste mit einander in Verbindung gebracht werden müssen. Bedenkt man, daß alle die Arbeiten in einem verhältnißmäßig kleinen Raum unter der Erde auszuführen sind, welcher erst künstlich beleuchtet werden muß und wozu sich häufig noch andere Erschwernisse gesellen, so wird man leicht begreifen, daß der Baubetrieb der einzelnen Arbeitsgattungen weit verschiedener sein muß, als jener über Tage. Es nimmt daher unstreitig der Tunnelbau einen selbstständigen Rang in der Wissenschaft der Bautechnik ein, und es gebührt diesem Zweige derselben eine größere literärische Beachtung in ähnlicher Weise, wie für die gleichen Arbeitsgattungen über Tage wissenschaftliche Arbeiten in genügender Anzahl vorhanden sind.

Betrachtet man die verschiedenen Methoden, nach denen Tunnelbauten ausgeführt wurden, so wird man finden, daß diese trotz den zahlreichen Erfahrungen, welche vorliegen, gegenwärtig noch immer die gleichen sind, wie vor 30 bis 40 Jahren, und daß der Fortschritt in der Wissenschaft des Tunnelbaues ein sehr geringer ist.

Als Beispiel mögen unter anderen die Bauten der beiden Tunnels von Triebitz der Wien-Prager Staatseisenbahn und Czernitz der preußisch-schlesischen Eisenbahn dienen. Bei dem ersteren machte man in den Jahren 1842 bis 1845 die traurigsten Erfahrungen über die Baumethode mit Anwendung des Mittelkörpers und bedeutende technische Autoritäten äußerten damals, daß dieß die Erbsünde des Tunnels sei, und doch wurde

12 Jahre ſpäter in den Jahren 1853 bis 1857 der Czernitz-Tunnel, welcher ein noch viel ſchlechteres Aushubs-Materiale hatte, im Allgemeinen nach dem gleichen Princip mit Anwendung des Mittelkörpers gebaut. Erſterer war bereits während des Baues um mehrere Fuß verengt und drohte unmittelbar nach ſeiner Vollendung dem Einſturze; der zweite erlitt bereits während ſeines Baues einen ſolchen Einſturz, daß die Arbeit ganz ſiſtirt werden mußte. Als ein anderes Beiſpiel mögen die Tunnelbauten der kurheſſiſchen Friedrich Wilhelm-Nordbahn dienen, welche in den Jahren 1844 bis 1848 nach einem Syſtem, das bereits 10 bis 20 Jahre früher auch in Frankreich Anwendung gefunden hatte, ins Werk geſetzt wurden. Bei dieſer Art des Vorgangs werden zuerſt das obere Gewölbe und nachträglich die Widerlager aufgeführt. Trotzdem nun, daß durch die häufigen Einſtürze und Unglücksfälle bei den genannten Tunnels ſchon damals die Unzweckmäßigkeit der Bauart zu Tage trat, werden noch gegenwärtig Tunnelbauten nach dem ganz gleichen Syſtem ausgeführt.

Ein ſo geringer Fortſchritt, wie man ihn bei dem Tunnelbau wahrnimmt, kann nur darin ſeinen Grund haben, daß dieſer Gegenſtand bisher viel zu wenig wiſſenſchaftlich und literäriſch behandelt wurde. Wenn auch die Literatur manches ausgezeichnete Werk, viele ſehr gute Aufſätze in techniſchen Zeitſchriften über einzelne Tunnelbauten nachweiſen kann, ſo fehlt es doch gänzlich an einer umfaſſenden Arbeit, welche die einzelnen Methoden mit einander vergleicht und die Vor- und Nachtheile derſelben, wie ſie die Erfahrungen lehren, zuſammenfaßt.

Da der Verfaſſer dieſen Mangel in ſeiner Praxis ſelbſt gefühlt hat, ſo war es ſeit Langem ſein Vorhaben, dieſe Lücke in der Literatur der Bautechnik, wenn auch nicht vollkommen, doch wenigſtens dem dringendſten Bedürfniſſe entſprechend auszufüllen, und beſonders dem Ingenieur, welcher erſt in die Praxis tritt oder ſelbſt noch keine eigenen Erfahrungen im Tunnelbau zu machen Gelegenheit hatte, eine Arbeit zu bieten, aus welcher er die verſchiedenen Tunnelbau-Methoden, ſowie ſämmtliche hiebei vorzunehmenden Arbeiten kennen lernen kann.

Der Verfaſſer war bemüht, die einzelnen Arbeitsgattungen ſo genau

und deutlich als möglich zu beschreiben und hat nach diesen das ganze Werk in folgende einzelne Abschnitte getheilt:

1. Tunnel-Anlage.
2. Tunnelbau im Allgemeinen.
3. Tunnel-Aushub.
4. Tunnel-Zimmerung.
5. Tunnel-Mauerung.
6. Tunnel-Kosten.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Tunnel-Zimmerung gerichtet, da diese, obgleich sie in Bezug auf die Kosten den geringsten Unterschied bewirkt, bei dem Bau selbst die vorzüglichste und wichtigste Arbeit und zugleich auch derjenige Gegenstand ist, welcher bisher jeder wissenschaftlichen Arbeit entbehrt. In allen den mannigfachen oft sehr werthvollen Schriften und Werken findet man durchaus den Aushub, die Mauerung und die Kosten behandelt, der Tunnel-Zimmerung jedoch wird nur der geringste Raum und oft gar keiner gegönnt. Uebrigens wird auch in der Praxis dieser Gegenstand zu wenig gewürdigt und mehr oder weniger als eine Hilfsarbeit betrachtet, während doch ohne eine zweckmäßige Tunnel-Zimmerung ein Bau oft ganz unmöglich wird.

Bei der Verfassung der Projekte über einen Tunnelbau wird gewöhnlich auf die Tunnel-Zimmerung nicht die Rücksicht genommen, auf welche Art dieselbe ausgeführt werden soll, sondern es werden die Kosten derselben entweder mit denen des Aushubes verschmolzen oder ein gewisser annähernder Pauschalbetrag ausgemittelt. Kömmt später der Bau zur Ausführung, so wird die Wahl der Ausführungs-Methode, die Construction der Zimmerung gewöhnlich dem Unternehmer oder gar den Arbeitsaufsehern und Arbeitern selbst überlassen, welche natürlich eine Methode wählen, die sie herkömmlich gelernt und ihnen in Ermanglung der Kenntniß jeder andern als die zweckmäßigste erscheint. Dieser Umstand dürfte denn auch der Grund der Erscheinung sein, daß man in jedem der verschiedenen Länder, in England, Belgien, Frankreich, Oesterreich überall ein anderes aber dann durchgehends ein und dieselbe Tunnelbau-Methode vorherrschend findet.

Zum Schluß des Werkes glaubte der Verfaſſer durch eine Sammlung der vorzüglicheren Tunnelbauten, zuſammengeſtellt theils aus den einzelnen zerſtreuten Beſchreibungen in den techniſchen Zeitſchriften, theils aus eigener Anſchauung, einem wahren Bedürfniſſe einigermaßen abzuhelfen. Bei der Wahl von Beſchreibungen dieſer Art hat der Verfaſſer ganz vorzüglich die Tunnel-Zimmerung, ferner diejenigen Schwierigkeiten in das Auge gefaßt, welche durch abnormale und unvorhergeſehene Verhältniſſe herbeigeführt worden ſind.

I. Tunnel-Anlage.

Tunnels oder unterirdische Durchgänge (Souterains) haben den Zweck, zwei Kommunikationstheile, welche durch einen Bergrücken getrennt sind, mit einander zu verbinden. Deren Anwendung ergibt sich nicht allein durch den Zweck einem derartigen Kommunikationsmittel den geraden und kürzesten Weg zu verschaffen, sondern viel häufiger um demselben günstigere und die oft gebotenen Steigungsverhältnisse geben zu können.

Aus diesem Grunde finden Tunnels ihre meiste Anwendung bei Wasserleitungen, Schifffahrtskanälen und Eisenbahnen, wo die Krümmungs- und Steigungsverhältnisse nur zwischen viel beschränkteren Grenzen variiren dürfen als bei Straßen.

Obgleich nach dem Erwähnten die Nothwendigkeit eines Tunnels der Hauptsache nach konstatirt sein kann, so nehmen doch auf eine zweckmäßige Anlage noch fernere Umstände wesentlichen Einfluß, und es sind vorzüglich die Kosten der Ausführung zu berücksichtigen. Durch eine geringe Verlegung der ganzen Trace, ohne daß dieselbe an ihrer Zweckmäßigkeit für den künftigen Betrieb etwas verlieren dürfte, ist es vielleicht möglich eine für den Bau günstigere Gebirgsformation zu finden, oder einem feuchten, quellenreichen Terrain auszuweichen, oder die Länge des Tunnels zu verringern, welche Umstände alle die Kosten der Ausführung sehr bedeutend vermehren.

Bei keinem Bau nimmt die Anlage des Objektes auf die Kosten einen so großen Einfluß als bei dem Tunnelbau, und es sind daher die ausgedehntesten und gründlichsten Vorstudien und Untersuchungen für den Ort des Tunnelbruches um so dringender.

Die zweckmäßige Anlage eines Tunnels hängt ab von der geologischen Beschaffenheit des Terrains. Da es viel leichter und einfacher ist, einen Tunnel in einem festen harten Gestein zu treiben, so werden in einem solchen Falle natürlich auch die Kosten der Ausführung viel geringer sein, als in einem Materiale, welches wenig oder gar keine Konsistenz besitzt, und es soll vor allen andern das ganze Terrain untersucht und

ein Durchgang, wenn er mit den Krümmungs- und Steigungsverhältniſſen in Einklang zu bringen iſt, gewählt werden, welcher ein härteres feſteres Gebirge verſpricht.

Eine alte ſehr richtige Regel bei dem Bergbau, wozu der Tunnelbau in ausgedehnterem Sinne auch gerechnet werden kann, iſt: Bergmänniſche Arbeiten ſind ohne geognoſtiſche Kenntniſſe kaum denkbar, und den Grund und Boden, welchen der Bergmann bearbeiten will, muß er genau kennen, um nach deſſen Beſchaffenheit ſeine Anordnungen treffen zu können. Da dieſe Regel gewiß für den Tunnelbau die gleiche Wichtigkeit hat, ſo dürfte es hier am Orte ſein, eine allgemeine Eintheilung der Gebirgsformationen und Klaſſifikation der Geſteinsarten, aus denen unſere Erdrinde beſteht und wie dieſe die Wiſſenſchaft der Geologie lehrt, ohne ſich jedoch in eine nähere Beſchreibung derſelben einzulaſſen, mitzutheilen.

Die Reihenfolge der Gebirgsformationen gibt Senft in ſeinem Werke über Klaſſifikation und Beſchreibung der Felsarten folgender Art an:

Azoiſche oder Ur-Periode.

Gneis, Glimmer- und Thonſchiefer.

I. Paläozoiſche oder primäre Periode.

1. Uebergangs-Formation:

a) Siluriſche Gebirge { untere Etage;
obere „

b) Devoniſche Gebirge { untere Etage (Grauwacke);
mittlere „ (Kalkſtein);
obere „ (Kalkmierenſchiefer).

2. Steinkohlen-Formation:

untere Etage (Kohlenkalkſtein).
obere „ (Kohlen führende)

2. Permiſche Formation:

a) Rothliegendes Gebirge { untere Etage;
mittlere „
obere „

b) Zechſtein-Gebirge { untere Etage;
obere „

II. Mesozoische oder sekundäre Periode.

1. Trias-Formation:

a) Bundsandstein-Gebirge { unterer (Röth); mittlerer (Sandstein); oberer

b) Muschelkalk-Gebirge { unterer (Wellenkalk); mittlerer (Anchidrit); oberer (Kalkstein von Friedrichs Hall);

c) Keuper-Gebirge { unterer (Lettenkohle); mittlerer (Keuper); oberer (kieseliger und mergeliger Sandstein).

2. Jurassische Formation:

a) Schwarze Jura-Gebirge (Lias);
b) Braune Jura-Gebirge (Dogger);
c) Weiße Jura-Gebirge (Upper Oolithe);
d) Wealden-Gebirge.

3. Kreide-Formation:

a) Neocom-Gebirge;
b) Gault-Gebirge;
c) Obere Kreide-Gebirge { Turon-Gruppe; Senon-Gruppe.

III. Känozoische oder tertiäre Periode.

1. Braunkohlen-Formation:

a) Eocäne Gebirge;
b) Miocäne Gebirge;
c) Pliocäne Gebirge.

2. Dilluvial-Formation:

Löß, Kies, Sand, Lehm.

3. Alluvial-Formation:

Jüngster Meeres-Kalkstein und Sand, Lehm, Thon, Schlamm, Kalktuff, Torf.

Die Fels- und Gesteinsarten, aus denen unsere Erdrinde zusammengesetzt ist, klassificirt Senft folgender Art:

Eine specielle Klassifikation der Gesteine nach diesem Gesichtspunkte läßt sich nicht angeben, da dasselbe Gestein in Bezug auf seine Festigkeit und sein Zusammenhalten verschiedenartig auftritt, je nachdem dasselbe zerklüftet oder massiv ist; oder in dünneren oder stärkeren Schichten gelagert vorkömmt. Als Beispiel möge der Sienit dienen; kömmt er in dünnen Schichten vor, so ist er bloß mit der Spitzhaue zu bearbeiten, es werden sich auch leicht einzelne Bänke ablösen und er bedarf einer theilweisen Unterstützung und einer Mauerwerksverkleidung. Findet man denselben hingegen in sehr mächtigen Schichten, so kann er oft bloß mit Pulver gelöst werden und bietet vollkommene Sicherheit gegen allfälligen Ablösungen.

Diese Verschiedenheit der Struktur in dieser Beziehung läßt sich bei allen Felsarten nachweisen.

Einen großen Einfluß auf die Eintheilung der Gebirgsarten nehmen aber die äußeren Einwirkungen, die Atmosphäre und Wasser, ob diese denselben widerstehen können oder nicht, z. B. Tegel in einer trockenen Lokalität kann oft bloß mit der Spitzhaue zu bearbeiten sein und wird in vielen Fällen sich selbst ohne Unterstützung und Ausmauerung erhalten; in einer quellenreichen Lokalität wird er eine solide Zimmerung und Mauerung bedürfen.

Die Untersuchung und Erkenntniß der geognostischen Beschaffenheit eines Terrains hat nicht nur einen bedeutenden Einfluß auf eine zweckmäßige und richtige Anlage eines Tunneldurchbruches, sondern wird auch für den Bauingenieur von großem Vortheil und Interesse sein, bei der Aufsuchung und in der Wahl eines tauglichen Steines für das nöthige herzustellende Mauerwerk.

Auf dem Bau eines Tunnels nimmt außer der Terrainbeschaffenheit auch ferner das Steigungsverhältniß, nach welchem derselbe angelegt wird, einen Einfluß. Wie in folgenden Abschnitten ersichtlich werden wird, wird der Bau eines Tunnels beinahe immer von beiden Seiten zugleich gegen einander in Betrieb gesetzt. Hat nun der Tunnel seiner ganzen Länge nach bloß ein Gefäll gegen eine Seite, so werden an jener Seite, von welcher der Tunnel gegen Innen fällt, durch den erschwerten Transport des Aushubsmateriales in der Steigung nach Außen, ferner durch die künstliche Herausschaffung der Seig- und Quellwässer, endlich durch das in Folge dieser Umstände langsamere Fortschreiten der Arbeiten, die Kosten der Bauausführung bedeutend vermehrt.

Bei der Anlage ist daher das Steigungsverhältniß zu berücksichtigen, und es wird von Vortheil sein, dem Tunnel von beiden Eingängen eine,

wenn auch ganz geringe Steigung zu geben, oder wenigstens die eine Tunnelhälfte mit horizontaler Nivelette anzulegen.

Anstatt der Anlage eines Tunnels kann in manchen Fällen, wenn der Bergrücken nicht eine allzugroße Höhe hat, auch die Durchbrechung mittelst eines offenen Einschnittes möglich sein. Die Wahl zwischen dem einen oder dem andern Verbindungsmittel ergibt sich aus einer vergleichenden Berechnung der einzelnen Kosten. Bei dieser Berechnung darf jedoch der Ingenieur sich nicht allein auf die Baukosten beschränken, sondern er muß auch ferner in Betracht ziehen, ob der offene Einschnitt nicht durch häufige Rutschungen oder durch immer wiederkehrende Schneeverwehungen ein bedeutendes Erhaltungskapital benöthigen wird, welches zu den Baukosten des Einschnittes hinzugerechnet werden muß.

In dem Fall ist dann gewiß die Anlage eines Tunnels, wenn auch die äußeren Umstände: die Höhe und die Beschaffenheit des Gebirges dieselbe für unnöthig erscheinen ließen, vollkommen gerechtfertiget und am zweckmäßigsten.

Die gleichen Bemerkungen wie die erwähnten über die offenen Einschnitte gelten auch für die Längen der Einschnitte vor den beiderseitigen Tunneleingängen; nach diesen wird sich die relative Tunnellänge ergeben, und die Punkte, an welchen der Tunnel beginnen und enden soll, bestimmen lassen.

Die Querschnittsfläche oder lichte Oeffnung des Tunnelprofiles hängt von dem Zweck, welchen derselben zu erfüllen hat, ab:

Bei Kanälen und Wasserleitungen wird diese eine kleinere, bei Eisenbahnen eine größere sein müssen.

Bei Eisenbahnen ist sie gegeben durch die Breite und Höhe der Waggons und Maschinen, ferner ob der Tunnel für eine einspurige oder doppelspurige Bahn angelegt werden soll.

Die Dimensionen der Waggons und Maschinen für österreichische Eisenbahnen betragen:

Höhe eines Waggons über der Schienenhöhe . . .	10′ 6″
Breite derselben	9′ 2″
Höhe eines Lokomotiv-Rauchfanges	14′ bis 16′
Breite der Brustwehre einer Maschine	9′ 2″

Die Dimensionen eines Tunnels für eine zweispurige Bahn sammt den nöthigen Manipulationsraum müssen daher im Minimum betragen:

Die lichte Breite in der Schienenhöhe	24′
Die lichte Breite in der Höhe des Waggons	22′
Die lichte Höhe in der Mitte des Geleises	16′

Die Form des Profiles ist verschieden, bald wird eine eiförmige überhöhte, bald eine runde angewendet. Je einfacher die geometrische Konstruktion der Profilslinie ist, desto zweckmäßiger ist dieselbe, da diese einen großen Einfluß auf die Herstellung des Mauerwerkes nimmt.

Aus diesem Grunde dürfte eine Konstruktion vorzuziehen sein, welche bloß aus 3 verschiedenen Bogen zusammengesetzt ist, nämlich für die Widerlager ein gleicher Halbmesser, für das Gewölbe ein zweiter und für das Sohlengewölbe ein dritter; auch vereiniget diese Konstruktion noch den Vortheil, daß mit dem nöthigen Profil die kleinste Fläche möglich ist.

Die Tafel I. gibt eine Zusammenstellung von verschiedenen Tunnelprofilen sammt ihren Konstruktionen. Zugleich auch zur Vergleichung der Größe der Flächenausmaße.

II. Tunnelbau im Allgemeinen.

a) Allgemeines.

Der Bau eines Tunnels wird immer von der geognostischen Beschaffenheit des Terrains abhängen: Ist das Materiale ein hartes compaktes Gestein, wie Granit, Porphyr, Jurakalk ꝛc., so ist die Ausführung eine einfache Sprengarbeit, und bietet beinahe gar keine Schwierigkeit, auch wird in den wenigsten Fällen eine Ausmauerung nothwendig sein. Ist das Materiale zwar hart, felsig, doch aber zerklüftet, gebrochen, wie Sienit, Grauwacke, Sandsteine, Conglomerate, Kalkmergel, Tuffsteine ꝛc., so werden die Arbeiten dadurch etwas komplicirter, daß außer den Aushub und Förderungsarbeiten noch einzelne Zimmerungsarbeiten, welche zur Abspreitzung und Bölzung gefährlicher Stellen nöthig werden, vorkommen, und der gemachte Aushub einer Mauerwerks-Verkleidung bedürfen wird. Ist endlich das Materiale ein ganz weiches ohne alle Konsistenz oder durch Hinzutritt der Atmosphäre und Wasser ein ganz bewegliches, wie alle plastischen Thonarten, bituminöser Mergel, Löß, Flugsand, Gerölle ꝛc., so wird der Bau eines Tunnels ein sehr schwieriger oft gefahrvoller, welcher die größte Aufmerksamkeit und die genaueste Beobachtung des bauleitenden Ingenieurs erfordert. In diesem Fall kann von einer bloßen Abspreitzung des Aushubes keine Rede mehr sein, sondern derselbe verlangt sodann eine solide systemmäßige Auszimmerung, welche die Aufgabe hat, das ausgehobene Tunnelprofil zu tragen, bis es möglich wird das Gewölbmauerwerk einzuziehen und zu schließen. Dieses Mauerwerk ist in dem Fall keine bloße Verkleidung mehr, sondern erhält die Aufgabe, die daraufliegenden Berge zu tragen und das Tunnel-Profil in seiner normalen Ausdehnung zu erhalten.

Aus dem Erwähnten ersieht man, daß der Tunnelbau in drei Arbeitskategorien zerfällt: nämlich: a) Aushub und Förderungs-, b) Zimmerungs- c) Mauerungsarbeiten. Diese drei Arbeitsgattungen, zwar getrennt durch die Verschiedenheit der Beschäftigung der Arbeiter, sind bei dem Tunnelbau doch so innig mit einander verbunden, daß die Eine ohne Beihilfe

der zweiten Arbeit kaum durchführbar wäre. Die Schwierigkeiten und die innigere Verbindung dieser Arbeitskategorien werden immer mehr zunehmen, je schlechter und beweglicher das Aushubs-Materiale wird.

Außer den erwähnten Arbeiten hat der Ingenieur beim Tunnelbau noch mit anderen Unannehmlichkeiten, Gefahren und lästigen Arbeiten zu kämpfen, welche den Baufortschritt verzögern und die Kosten des Baues oft namhaft vergrößern. Die Beseitigung eines sehr heftig auftretenden Wassers, welche dann großartige Maschinen und Hilfsmittel nöthig macht, bildet ein Haupthinderniß. Ein gleicher Feind für den Fortgang der Tunnelarbeiten ist die ungesunde, durch den Beleuchtungsrauch, Pulverdampf ꝛc. verunreinigte Luft, welche gleichfalls mit eigens konstruirten Vorrichtungen beseitiget werden muß.

Vereinigen sich nun alle diese Arbeiten bei einem Tunnelbau, so ist die Aufmerksamkeit und Genauigkeit des leitenden Ingenieurs um so nöthiger, da das geringste Versehen und das kleinste neu hinzutretende Hinderniß eine Störung in dem Fortgang der Arbeiten hervorrufen kann. Eine Eintheilung sämmtlicher Arbeiten so richtig und zweckmäßig angeordnet, daß dieselben genau in einander greifen, und durch einander so wenig als möglich behindert werden, ist eine Hauptbedingung für einen geregelten und möglichst raschen Fortschritt der Tunnelbauten und übt zugleich einen bedeutenden Einfluß auf die Kosten derselben.

b) Gebräuchliche Benennung.

(Schacht- und Stollenbenennung.)

Die Tunnelarbeiten stehen in so naher Verbindung mit den bergmännischen Arbeiten, daß diese in früheren Jahren fast ausschließlich von Bergwerksbeamten, oder von der Bergbauwissenschaft kundigen Ingenieuren geleitet wurden. Noch gegenwärtig werden die vorzüglicheren Arbeiter unter den Bergleuten gewöhnlich gesucht. In Folge dessen sind auch die bei dem Bergbau seit jeher eingeführten bergmännischen Redensarten und Bezeichnungen auf den Tunnelbau übergegangen, und haben sich der Art verbreitet, daß sie allenthalben bei den Bauten üblich und gebräuchlich sind.

Die gebräuchlichsten dieser Benennungen sind folgende:

Steiger wird der Aufseher einer Partie Arbeiter genannt; hat dieser mehrere Arbeiterpartien zu beaufsichtigen, so heißt er Obersteiger.

Häuer heißt jeder im Tunnel beschäftigte Arbeiter, und zwar nach seiner Beschäftigung wird er Vorhäuer, Förderhäuer oder Zimmerhäuer genannt.

Der Vorhäuer beschäftiget sich bloß mit dem Vorwärtstreiben des Aushubes und der Anarbeitung der Berge. Derselbe soll nicht nur die mechanische Fertigkeit in der Bearbeitung der Gesteine haben, sondern die einzelnen Gesteinsarten auch so weit kennen, daß er beurtheilen kann, wie weit er sich auf dessen Festigkeit verlassen kann; ob das Material einer Unterstützung bedarf, oder ob er seine Arbeit ungehindert und gefahrlos fortsetzen kann.

Der Förderhäuer ist der Taglöhner, welcher bei der Förderung der Materialien und Berge beschäftiget ist.

Der Zimmerhäuer hat die Aufgabe, das ausgehobene Tunnelprofil, wo es das Gestein erfordert, abzubölzen oder vollkommen auszuzimmern, bei bedeutendem Druck die nöthigen Hilfshölzer einzubauen, die gebrochenen auszuwechseln und Materialien dazu herbeizuschaffen. Außerdem muß jedoch der Zimmerhäuer das Zuschneiden der Hölzer, das Abbinden des ganzen Bölzungsgestelles, das Behauen der Hölzer, ferner das Aufstellen von Gerüsten, bei Schächten die Herstellung von Aufzugsvorrichtungen, endlich die Herstellung und gehörige Instandhaltung der verschiedenen Fahrten ꝛc. ꝛc. besorgen. Mit einem Worte, die Geschäfte des Zimmerhäuers umfassen sämmtliche Arbeiten, welche in das Gebiet der Zimmermannskunst fallen. Mehr noch als der Vorhäuer muß der Zimmerhäuer mit den verschiedenen Gesteinsarten bekannt sein, während der eine dieselben durch deren Bearbeitung genauer kennen lernt, muß der andere diese durch bloße Anschauung zu unterscheiden wissen. Aus der Lagerung der Gesteinsarten wird der Zimmerhäuer leicht auf eine Bewegung, auf die Richtung des Druckes schließen, und darnach den Stempeln und Bolzen die richtigen Stellungen und Lagen geben können. — Ferner muß der Zimmerhäuer die verschiedenen Holzarten und deren Eigenschaften unterscheiden können, und mit der Behandlung der einzelnen Hölzer so wie mit den Merkmalen eines guten oder schlechten Bauholzes vertraut sein. Aus dieser kurzen Schilderung der Obliegenheiten läßt sich leicht erklären, wie schwer und selten es ist, einen verläßlichen und geschickten Zimmerhäuer zu finden, der alle diese Eigenschaften und praktischen Erfahrungen in sich vereiniget; und doch ist derselbe bei dem Bau eines Tunnels um so nöthiger, je schlechter das Aushubsmateriale, je gefährlicher die Arbeit wird.

Abfangen wird gesagt, wenn man Aushubsflächen, welche sich vom ganzen Gebirge losgezogen haben, und den Einsturz drohen, durch eine Zimmerung sichern muß.

Abtreiben heißt eine verbrochene Strecke oder Schacht wie-

der aufsäubern, oder eine Strecke, welche durch anhaltenden Druck und Bewegung ihr normales Profil verloren hat, wieder durch Weitung auf ihre bestimmte Größe zurückführen.

Anstecken sagt man, wenn man in einem Tunnel anfängt mit der Zimmerung fortzuarbeiten.

Aufhängen, ein Bölzungsgehölz, welches durch senkrechte oder schiefe Stempel in seiner Lage erhalten werden muß.

Auswechseln nennt man das Einziehen frischen Holzes und das Herausnehmen des alten anbrüchigen.

Beschlagen wird das Zimmerholz hauen genannt.

Bühnen sind kleine Ruheplätze in einem Schacht, worauf der Arbeiter beim Besteigen ausruhen oder ausweichen kann.

Bühnlöcher sind in das Gestein gehauene Löcher, in welche man die Stempel oder Schwellen legt.

Berge nennt man alles Materiale, welches gelockert und zu Tage gefördert wird.

Fahrten sind die Leiter, welche die Kommunikation von einem Ort zum andern ermöglichen.

Firste wird der oberste Theil des Tunnelprofils genannt.

Feige oder flüchtig wird nicht nur das Gestein genannt, welches ohne Zimmerung nicht steht, sondern auch ein Gezimmer, welches zusammenzubrechen droht, oder keinen festen Grund hat.

Fühlen, wenn man mit dem Fäustel an das Gestein schlägt, um durch den Schall zu erfahren, ob das Gestein fest oder feige ist.

Gebirge nennt man jedes Gestein.

Gezähe wird alles im Tunnel nöthige Werkzeug genannt.

Hangendes Gebirge sind jene Schichten im Firste, welche parallel oder in einem mäßigen Winkel mit dem Tunnel laufen.

Liegendes, sind jene Gebirgsschichten in der Sohle, welche parallel oder unter einem kleinen Winkel mit dem Tunnel laufen.

Mächtig bedeutet so viel als breit.

Mundloch ist der Eingang und Ausgang des Tunnels.

Schicht bedeutet die Arbeitszeit der Arbeiter, welche in 6, 8 bis 12 Stunden besteht.

Sinken, absinken, Schächte tiefer machen.

Stöße heißen die Seiten in einem Schacht.

Stehendes ist die dem Hangenden und Liegenden entgegengesetzte Gebirgsschichtung.

Verschießen oder versetzen nennt man das Ausfüllen der Höhlungen hinter der Zimmerung oder Mauerung mit Bergen.

Wetter wird jede Luft in dem Tunnel oder Schächten genannt.

Die inneren Flächen des Tunnelprofiles werden bei dem Aushub und Zimmerung benannt mit Tunnelsohle, Wände und Wölbung, bei der Mauerung respektive mit Sohlengewölbe, Widerlager und Gewölb, und zwar versteht man unter Tunnelsohle oder Sohlengewölbe die untere Fläche des Tunnels, worauf die Fahrbahn zu liegen kömmt, unter Tunnelwände oder Widerlager die beiden Seitenflächen, welche entweder senkrecht oder mäßig gekrümmt aufsteigen, und die Wölbung oder Tunnelgewölbe den oberen Theil des Profiles, welcher die beiden Seitenflächen mit einander verbindet und entweder aus einem oder mehreren Bögen konstruirt ist.

Schacht nennt man einen Gang, welcher von der Oberfläche entweder senkrecht oder unter einem Winkel gegen den Tunnel getrieben wird. Läuft dieser Gang horizontal oder mit sehr geringem Gefälle an die Seite des Tunnels, oder behufs der Aushubsarbeiten innerhalb des Tunnelprofils, so heißt er Stollen. Nach den Zwecken, welche diese Schächte und Stollen zu erfüllen haben, erhalten sie auch specielle Namen, und zwar unterscheidet man: Förder-, Arbeits- und Wetterschächte oder Stollen, ferner Ort-, Richtungs- und Kopfstollen.

Die Förder- und Arbeitsschächte oder Stollen haben den Zweck, die Angriffspunkte eines Tunnelbaues zu vermehren, die Förderung der Materialen und Berge zu ermöglichen, die Wässer und etwaigen bösen Wetter abzuleiten. Haben diese ganz geringe Querschnittsflächen und dienen sie lediglich zur Ableitung der bösen Wetter oder Wässer, so heißen sie Wetterschächte. Wie man später sehen wird, kann das ganze Tunnelprofil nicht auf einmal ausgebrochen werden, sondern es werden Stollen vorgetrieben, welche dann erweitert die geforderte Querschnittsfläche des Tunnels geben. Die Stellung derselben in dem Tunnelprofil gibt ihnen die oben genannten Namen, und zwar: ist der Stollen am Firste in der Tunnelaxe getrieben, so heißt er: Kopfstollen; auf der Sohle in der Tunnelaxe: Mittelstollen; an der Seite der Tunnelwand: Ortstollen. Der Mittelstollen enthält auch öfters den Namen Richtungsstollen, wenn er vorzüglich den Zweck verfolgt die Tunnelrichtung festzustellen und einzuhalten.

Ein Stück Brett oder Pfosten, welches bestimmt ist, als Verkleidung der Aushubsfläche zu dienen, wird ein Pfahl genannt, und zwar heißt jenes Ende des Pfahles, welches gegen die Seite, nach welcher die Arbeit fortschreitet, gerichtet ist, der Kopf; das andere Ende der

Schwanz des Pfahles. Uebergreifen sich die Pfähle an ihren Enden, das heißt, liegt der Kopf des Pfahles auf den Schwanz des nächstfolgenden, so nennt man den Zwischenraum dieser Uebergreifung die Pfändung; die Keile, welche den Kopf und Schwanz auseinander halten und so die Pfändung bilden, Pfandkeile; und endlich das Brett, welches quer in die Pfändung zu liegen kömmt, um mehrere Pfähle gemeinschaftlich durch bloß einen oder zwei Pfandkeile zu halten, das Pfandblatt. In Zeichnung 18, Tafel IV. sind a die Pfähle, b der Pfandkeil, c Pfandblatt.

Ein Querholz, welches am First eines Stollens zu liegen kömmt und die Aufgabe hat, die Verpfählung an der Decke zu erhalten, wird die Kappe genannt; ist es nöthig diese Kappe an einer oder beiden Seiten durch senkrechte Hölzer zu unterstützen, so heißen diese Säulen oder Ständer und stehen diese Säulen wieder auf einem gemeinschaftlichen Querholze auf, so nennt man dieses die Grundsohle.

Geschieht die Unterstützung der Kappen mittelst schief gegen einander stehenden Hölzern, so heißen diese Sparren. Hölzer, welche der Länge des Stollens nach gebraucht werden, zur Unterfangung von mehreren Kappen heißen Unterzüge; sind dieselben jedoch an den Wänden angewendet, so nennt man sie Wandruthen.

Ein ganzes System von Hölzern zusammengesetzt von einer Kappe, Säulen, Grundsohle, Sparren heißt ein Gespärre.

Werden in einem Gestelle Hölzer gebraucht, welche horizontal liegen, und die Säulen aus einander zu halten haben, so nennt man sie Spreitzen; sind sie aber unter einem Winkel gestellt, Streben, und laufen mehrere diametral, Centalstreben. Endlich heißen jene Hölzer, welche die Bestimmung haben, mehrere in bestimmten Entfernungen stehende Gespärre unter einander zu spreitzen, Bolzen.

Oefter kömmt der Fall vor, daß bei sehr beweglichem Materiale zur Fortsetzung der Arbeit, bevor es möglich wird, das definitive Gespärre einzubauen, eine provisorische Zimmerung oder Verpfählung nothwendig wird, welche dann die verlorene Zimmerung heißt.

Das Eindringen zweier Hölzer bei starkem Druck nennt man verbeißen und das Liegen eines Holzes, bevor es zum Bruche kömmt, durchschlagen.

c) Wasserschöpfen.

Als ein mächtiger Feind für den Fortschritt sämmtlicher Arbeiten des Tunnelbaues tritt das Wasser auf. Dasselbe kömmt entweder

als Seigwaſſer, welches im Frühjahr beim Schmelzen des Schnee- und Eiswaſſers, ferner nach heftig anhaltendem Regen zunimmt, oder als Quellwaſſer, welches fortwährend gleich bleibt, oder in beiden Eigenſchaften vor. Unter allen Umſtänden iſt eine regelmäßige und ſchnelle Ableitung ein dringendes Bedürfniß.

Die Ableitung kann entweder auf natürlichem oder künſtlichem Wege eingeleitet werden. Auf natürlichem Wege wird die Ableitung möglich ſein, wenn der Bau von den Mundlöchern begonnen iſt und der Tunnel ein Gefäll nach Außen hat, zu welchem Zweck an der Sohle ein kleiner Kanal ausgehoben wird, in welchem das Waſſer frei und ungehindert abfließen kann. Eine Ableitung auf künſtlichem Wege wird nöthig ſein bei einem von den Mundlöchern angefangenen Bau, wenn der Tunnel ein Gefäll nach Innen hat, ferner wenn der Bau durch Schächte betrieben wird. Die Mittel hiezu können verſchiedenartig ſein und werden von der Quantität des zuſtrömenden Waſſers abhängen. Die einfachſte Vorrichtung iſt die Saugpumpe aus gebohrten Holzſtämmen mit der gewöhnlichen Saugeinrichtung, von Menſchen in Bewegung geſetzt, mit welcher das Waſſer in die Höhe gehoben wird und dann in hölzernen Rinnen ſeinen Abfluß nach Außen findet. Außer den Saugpumpen wird, wenn der Waſſerzudrang nur gering iſt, auch öfters eine Art Hebervorrichtung mit Vortheil eingerichtet, wo das Waſſer durch kleine kontinuirliche Röhren entweder von Blei oder Guttapercha dadurch ſeinen ſelbſtſtändigen Abfluß findet, daß das eine Ende der Röhren, welche an der Tunnelſohle liegen, in den Waſſerſammlungsort getaucht wird, das andere Ende außer dem Tunnel tiefer als das erſte Ende mündet. Größerer Vorrichtungen bedarf die Ableitung der Wäſſer aus Schächten, wobei Saug- und Druckpumpen in Anwendung kommen, welche nicht ſelten durch andere Hilfsmittel: Göppel oder Dampfmaſchinen in Bewegung geſetzt werden müſſen, da die Menſchenkräfte nicht mehr ausreichen.

d) Böſe Wetter.

Durch die Ausdünſtung der Arbeiter, durch den Dampf der Beleuchtungsmittel, den Pulverrauch von Sprengung der Berge, durch die Feuchtigkeit und Näſſe wird die Luft in einem Tunnel immer eine ſchlechte ungeſunde ſein, welche böſe Wetter genannt wird. Iſt die Tunnelarbeit ſehr weit fortgeſchritten, wo alle natürliche Luftſtrömung von Außen aufhört, ſo werden dann dieſe böſen Wetter ſo arg und giftig, daß eine Einathmung oft tödtend iſt. Um die Arbeiten in dem Fall nicht einſtellen zu müſſen, muß für eine künſtlich erzeugte Luftſtrömung

geſorgt werden, welche durch Anwendung von Ventilatoren erreicht wird. Mit Hilfe ſolcher Ventilatoren werden die guten Wetter durch Röhren oder Schläuche an den Ort, wo gearbeitet wird, geleitet, welche die böſen Wetter verdrängen und ihren Abzug nach Außen zu nehmen nöthigen.

Dieſe Ventilatoren können entweder durch Menſchenkräfte in Bewegung kommen, oder man bringt dieſelben in Verbindung mit den Maſchinen, welche zur Ableitung der Wäſſer beſtimmt ſind. Die Röhren zur Zuleitung der guten Wetter konſtruirt man gewöhnlich aus ſchwächeren Brettern, welche zu je 4 Stück zuſammgeſetzt werden.

Zur Herſtellung einer fortwährenden Luftſtrömung teuft man, wo es die Situation des Gebirgsrückens erlaubt, bei ſehr langen Tunnels auch eigene Schächte von kleinen Dimenſionen ab, wie dieß z. B. beim Bau des Aachner Buſch-Tunnels geſchah, welcher 4 derartige Wetterſchächte von 4 Fuß Lichte hatte, Zeichnung Tafel XI., ferner wurden dieſelben angewendet bei dem Bau der engliſchen Tunnels von Saltwood, Blechingley Kylsbi und andere mehr.

e) Beleuchtung.

Ein Haupterforderniß für den Tunnelbau iſt die Beleuchtung. In früherer Zeit, und beſonders in Frankreich, bediente man ſich hiezu der Kerzen, da ſie nur wenig durch Rauch die Luft des Tunnelraumes verunreinigen; doch kömmt ihre Anwendung zu koſtſpielig, und man bedient ſich in neuerer Zeit allenthalben der Berglampe, welche mit Oel geſpeiſt wird, nur muß die Vorſicht gebraucht werden, eine ſolche Oelgattung zu wählen, welche bei der größten Billigkeit doch den geringſten Rauch verurſacht. Baumöl, wenn es nicht ganz gut geläutert iſt, verurſacht wegen der vielen brennbaren Stoffe viel Rauch, kömmt auch, wenn es brauchbar iſt, zu theuer. Dasſelbe gilt auch von jeder andern Oelſorte, ausgenommen, man verwendet das Brenn- oder Ripsöl, welches, ſelbſt ganz gut geläutertes, überall und um viel geringeren Preis zu finden iſt.

Die Lampen müſſen ſo konſtruirt ſein, daß ſie ganz geſchloſſen ſind mit einer kleinen Oeffnung für den Docht, damit bei ihrem Gebrauch das wenigſte Oel verſchüttet werden kann; ferner müſſen dieſelben an einem beweglichen Stiel hängen, um jeden beliebigen Ort in was immer für einer Lage leicht und bequem beleuchten zu können.

Oefter werden auch zur Beleuchtung Fackeln verwendet, jedoch ſind dieſe niemals anzuempfehlen, da deren Rauch der bedeutendſte von allen Beleuchtungsmitteln iſt und ſie zugleich verhältnißmäßig ſehr koſtſpielig ſind.

Zur Beurtheilung einer erforderlichen Oelgattung für die Beleuchtung während eines Tunnelbaues möge folgende Zusammenstellung von gemachten Beobachtungen dienen, in welcher das Quantum in österreichischen Pfunden für eine Kubikklafter Aushub dargestellt ist.

Name des Tunnels oder unterirdischen Ganges.	Querschnitt-Fläche.	Länge des Ganges.	Oel pr. einer Kub.-Klft.	Anmerkung.
	Klafter.		Pfd.	
Tunnel A. Brünn-Prager Eisenbahn	12.05	26.0	1.73	
„ I. „ „ „	„	86.7	4.62	
„ II. „ „ „	„	138.5	11.16	
„ III. „ „ „	„	108.0	12.17	
„ IV. „ „ „	„	33.5	2.67	
„ V. „ „ „	„	31.8	0 71	
„ VI. „ „ „	„	71.8	6 81	
„ VII. „ „ „	„	238.0	15.91	
„ VIII. „ „ „	„	152.5	13.24	
„ IX. „ „ „	„	46.5	2.88	

f) Fortschritt.

Aus den bisher im Allgemeinen über den Bauvorgang erwähnten Punkten läßt sich leicht entnehmen, von welchen Eventualitäten der Fortschritt eines Baues abhängt. Den größten Einfluß übt unstreitig der Charakter des durchzubrechenden Gebirges; während der Aushub im festen felsigen Materiale ungehindert betrieben werden kann, wird derselbe im beweglichen Materiale beschränkt und so geleitet werden müssen, daß die Zimmerung und Mauerung gleichen Schritt halten kann. Außerdem hängt der Fortschritt des Baues noch von den Angriffspunkten ab, von welchen er betrieben wird.

Ein Tunnelbau kann nämlich blos von den beiden Mundlöchern betrieben werden, oder es können durch die Anlage von Schächten oder Stollen die Angriffspunkte vermehrt werden. Die Anwendung derselben ist bedingt: durch die Länge des Tunnels und durch die Zeit, binnen welcher der Bau vollendet werden soll; dieselbe ist abhängig von dem Längenschnitt oder der Situation des durchzubrechenden Gebirgsrückens, aus welchem sich die Tiefen der Schächte oder die etwaigen Längen der Seitenstollen ergeben. Bei einer Tunnellänge bis zu 200 Klafter dürfte man in den meisten Fällen mit den zwei Angriffspunkten von den Mundlöchern ausreichen, bei bedeutenderen Längen jedoch, wo eine derartige Anordnung zu lange Zeit der Ausführung herbeiführen würde, folglich

das Baukapital keine Zinsen abwerfen oder die gegebene Bauzeit nicht eingehalten werden könnte, werden die Schächte oder Stollen ihre Anwendung finden. Die bei den Eisenbahnen sehr vielfach ausgeführten Tunnelbauten und die dabei gemachten Beobachtungen geben uns über den Baufortschritt so überraschend übereinstimmende Daten, daß man mit ziemlich großer Sicherheit bei gegebener Tunnellänge, Längenschnitt des

Vergleichende

des täglichen Fortschrittes (in Wiener Klafter)

Post-Nummer.	Name des Tunnels.	Gebirgs-Art.	Querschnitts-Fläche der Tunnel-Lichte.	Für den Aushub f. Förder.	
				Tunnel-Länge.	Schacht-Tiefe, mittlere.
			□Kl.	Kurt.-Klft.	
1	Malomirsch. A. Brünn-Prag.	Harter Sienit.....	12.05	26.00	.
2	Bilowitz I. „	dto. und zerklüftet.	12.05	86.80	.
3	„ II. „	Sienit, Thon, Lehm.....	12.05	138.50	.
4	„ III. „	Sienit, theils hart.....	12.05	108.00	.
5	Adamsthal IV. „	Sienit, sehr hart.....	12.05	33.50	.
6	„ V. „	dto.	12.05	31.89	.
7	Novihrad „	Sienit, Thon, Lehm, Wasser	12.05	238.08	.
8	Muslau „	Sandiger Kalk	12.05	117.75	.
9	Triest.....	Thonhaltig, harter Sandstein	15.75	123.00	.
10	Brittof am Karst.....	Harter Kalkstein	15.75	221.06	.
11	Žebie Nr. II. am Karst ...	Harter Kalkstein und Sandstein, Wasser.....	15.75	271.22	40.16
12	Vuje Nr. III. „	Thonhaltiger Sandstein, Mergel, viel Wasser	12.20	176.80	.
13	„ Nr. IV. „	Thonhaltiger Sandstein, Mergel, viel Wasser.....	12.20	134.35	.
14	Čepnu Nr. V. „	Thonhaltiger Sandstein, Mergel, viel Wasser.....	12.20	165.12	.
15	Nepole Nr. VI. „	Harter Kalkstein.....	15.75	280.00	15.25
16	Semmering, Haupttunnel ..	Quarz, Dolomit, Kalkstein, Wasser	15.75	742.00	58.64
17	Pettenbach, Semmering....	Chloritschiefer	15.75	95.87	.
19	Bollerswand, „ ...	Harter Kalkfels.....	15.75	180.00	20.00
18	Wolfsberg, „ ...	Schiefer mit Quarz, Wasser.	15.75	212.75	16.00
20	Kartner Kogel, „ ...	Fester Kalkstein	15.75	105.01	9.00
21	Eichberg, „ ...	Quarziger Schiefer, Wasser.	15.75	50.00	.
22	Weberkogel „ ...	Grauer Schiefer, Wasser...	15.75	189.74	18.89

Bergrückens und einiger Voraussetzung der Gebirgsformation die Anzahl der Schächte, sowie deren Entfernung von einander bestimmen kann, um den bestimmten Bautermin einhalten zu können. Aus folgender Tabelle, in welcher die beobachteten Fortschritte bei ausgeführten Bauten zusammengestellt sind, lassen sich leicht die nöthigen Daten für jeden gegebenen Fall herausfinden.

Zusammenstellung
verschiedener ausgeführter Tunnelbauten.

Für den Aushub f. Förder.			Für das Mauerwerk.					Anmerkung.
	Im Tunnel.					Im Tunnel.		
Im Schacht.	Vom Mundloch.	Durch den Schacht.	Länge im Tunnel.	Mittlere Tiefe im Schacht.	Im Schacht.	Vom Mundloch.	Durch den Schacht.	
Kur.-Kl., T.-Länge.			Kurent-Klft.		Kur.-Kl., T.-Länge.			
.	0.140	.	26.00	.	.	.	.	
.	0.114	.	86.80	.	.	.	.	Starke Einstürze und Felsablösungen.
.	0.136	.	138.50	.	.	.	.	" " " "
.	0.132	.	68.30	.	.	.	.	
.	0.101	.	33.50	.	.	.	.	
.	0.118	.	0.00	.	.	.	.	
.	0.086	.	117.28	.	.	.	.	
.	0.102	.	117.75	.	.	0.163	.	
.	0.128	.	123.00	.	.	0.154	.	
.	0.116	.	221.06	.	.	0.118	.	
0.086	0.111	0.028	271.22	.	.	0.131	0.056	
.	0.087	.	176.80	.	.	0.096	.	Sehr erschwerte Arbeit durch bedeutenden Druck.
.	0.060	.	134.35	.	.	0.071	.	" " " "
.	0.101	.	165.12	.	.	0.118	.	
0.124	0.078	0.041	280.00	.	.	0.078	0.051	
.	0.147	0.087	742.00	.	.	0.148	0.104	[telst Dampfm. Die Förderung und Wasser mit-
.	0.164	.	95.87	.	.	0.133	.	
0.306	0.160	0.083	129.00	20.00	.	0.140	.	Die Stollen laufen horizontal.
0.094	0 036	0.081	212.75	.	.	0.122	0.087	
0.473	0.126	0.099	105.05	.	.	0.134	0.057	
.	0.123	.	50.00	.	.	0.106	.	
0.119	0.101	0.087	189.74	.	.	0.089	0.049	

III. Tunnelaushub und Förderung.

a) Allgemeines.

Obgleich der Aushub bei einem Tunnelbau die erste und Hauptarbeit bildet, so ist derselbe doch den wenigsten Schwierigkeiten unterworfen. Die Arbeiten beschränken sich immer bloß auf das Lostrennen der Berge und deren Förderung und sind besonders bei schlechtem Materiale von dem Fortschritt der Zimmerung vollständig abhänglg. Ist der Theil des gemachten Aushubes, welcher zwischen einem Fuß und mehreren Klaftern Länge je nach der Beschaffenheit der Gebirgsformation variiren kann, gehörig verzimmert, so können dann erst die Aushubsarbeiten wieder fortgesetzt werden. Es wird daher nothwendig, um einen geregelten Fortgang der Arbeiten zu erzwecken, dieselben nach einer bestimmten Methode einzuleiten und fortzuführen. Wie man in Folgendem sehen wird, sind diese Methoden bei den einzelnen ausgeführten Bauten verschieden. Eine richtige Beurtheilung, welche der Methoden für einen gegebenen Bau zu wählen ist wird um so nöthiger sein, als von derselben nicht nur die Kosten, sondern auch die wirkliche Durchführung des ganzen Baues abhängen kann.

b) Werkzeuge und Requisiten.

Die für den Tunnelaushub nöthigen und gebräuchlichsten Werkzeuge sind folgende:

Das Bergeisen ist ein 5 bis 9 Zoll langer Keil, welcher auf einer Seite zugespitzt, auf der andern Seite stumpf abgeschnitten ist, so daß der Querschnitt 1 bis 1 ½ Zoll im Gevierte groß eine ebene Fläche bildet. Das Auge, zur Befestigung des Stieles, ist gegen die stumpfe Seite gewöhnlich in den dritten Theil des ganzen Eisens gerückt. Es wird gebraucht zur Erzeugung der Berge, indem es jenen Dienst im Tunnel versieht, welchen die Spitzkrampe bei Tagarbeiten verrichtet. Das Ge-

wicht variirt zwischen 2 und 4 Pfund, und das Materiale ist gutes Eisen, dessen Spitze und hintere Fläche mit Stahl besetzt ist.

Der Handfäustel Fig. 5, Tafel I. ist ein starker eiserner mit stählernen Schienen versehener Hammer, welcher in seiner Mitte das Auge hat, 4 bis 8 Zoll lang ist, und längs seiner ganzen Länge einen gleichen Querschnitt von 2 Zoll im Gevierte hat. Das Gewicht variirt zwischen 6 und 8 und zwischen 13 und 16 Pfund, je nachdem derselbe als ein einmänniſcher zum Bohren der Sprenglöcher oder als ein zweimänniſcher zur Auflockerung und Zertheilung des Gesteins benöthiget wird.

Zu den Schieß- und Sprengwerkzeugen gehören die Bergbohrer, der Krätzer und die Schießrequisiten. Die Bergbohrer, Figur 3 Tafel I. sind cylindrische Eisenstangen, die an ihrem einen Ende eine Schneide haben, welche etwas breiter als die Stange ist, damit das Bohrloch stärker als diese wird. Jeder Bohrer besteht aus der Bohrstange dem Kopf und der Bahn. Der Kopf ist der unterste Theil des Bohrers, welcher am Gestein wirkt und jederzeit aus gutem harten Stahl besteht. Die Stange ist der mittlere und längste Theil; die Bahn der oberste, auf welchem mit dem Fäustel geschlagen wird. Zu jedem Bohrloche sind drei Bohrer, welche einen Satz bilden, nöthig; der erste der Anfangsbohrer ist der kürzeste und am Kopf der stärkste, der zweite: der Mittelbohrer ist etwas länger und der dritte der Abbohrer der längste und schwächste des Satzes. Je nachdem der Kopf der einzelnen Bohrer geformt ist, erhalten dieselben andere Benennungen, und zwar: Meißelbohrer, wenn der Kopf eine einfache Schneide hat, welche genau rechtwinkelig in der Achsenlinie des Bohrers stehen muß. Der Kolbenbohrer hat zwei sich rechtwinkelig kreuzende Schneiden und der Kreuzungspunkt, welcher in der Achsenlinie des Bohrers liegen muß, läuft in eine kleine schneidige Spitze aus. Endlich der Kronenbohrer ist in der Mitte hohl und hat vier hervorragende schneidige Spitzen, welche genau nach der Achsenlinie des Bohrers centrirt sein müssen.

Der Krätzer ist von langem starkem Eisendraht hergestellt, an der einen Seite mit einem Ohr, auf der andern Seite mit einer Art kleinen Löffels versehen, welcher rechtwinkelig aufgebogen ist. Derselbe hat den Zweck, mit dem Löffel aus dem Bohrloch das Bohrmehl herauszuschaffen, und mit Hilfe des Ohres, indem man in dasselbe etwas Stroh oder Tuchlappen befestiget, das Bohrloch zu reinigen.

Das Bohren der Schußlöcher selbst bietet wenig Schwierigkeiten, doch gehört eine praktische Uebersicht und Erfahrung dazu, die Punkte

der einzelnen Bohrlöcher ſo wie deren Richtung und Tiefe anzugeben, damit der Schuß einen entſprechenden und vollkommen wirkſamen Effekt erziele. Es iſt dabei beſonders zu beachten, welche Lage die Schichtung des Geſteines hat, wie ſtark dieſe einzelnen Schichten ſind und ob das Geſtein ein poröſes oder weiches, oder hartes oder ſehr dichtes iſt.

Größere Aufmerkſamkeit erfordert das Laden und Abfeuern der Bohrlöcher, wozu die Zündrequiſiten, als: Pulver, die Räumnadel oder die Zündſchnüre nöthig ſind. Hat das Bohrloch die nöthige Tiefe erlangt und iſt es mit der Krätze gehörig gereiniget und getrocknet, ſo erfolgt die Ladung oder Beſetzung. Dieſe kann auf mehrfache Art geſchehen, je nachdem eine Räumnadel oder ein Zündrohr oder eine Zündſchnur angewendet wird. Der Vorgang der ganzen Operation iſt folgender: iſt das Pulver entweder mittelſt einer Patrone oder loſe in das Bohrloch eingeführt, ſo wird die Räumnadel oder das Zündrohr oder die Zündſchnur angeſteckt und das Bohrloch mit Sand und Letten verſetzt. Dieſer Verſatz darf jedoch nicht unmittelbar am Pulver aufliegen, und auf dasſelbe einen Druck ausüben, ſondern er muß dasſelbe nur loſe berühren. Hat man eine Räumnadel, welche eine $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien ſtarke Nadel iſt, und jederzeit von Kupfer ſein muß, angewendet, ſo wird dieſe nach der Beſetzung langſam und vorſichtig herausgezogen, in den ſo gebildeten kleinen Kanal ein mit Pulver gefülltes Röhrchen, z. B. von Stroh, Schilf ꝛc. eingeführt, darauf ein längerer Schwefelfaden befeſtiget und durch dieſen das Pulver entzündet. Wird ein Zündrohr verwendet, ſo erſpart man das unſichere Herausziehen der Nadel und das Wiedereinführen des Zündrohres, indem das mit Pulver gefüllte Röhrchen gleich früher vor der Beſetzung des Loches eingeſetzt wird. Dabei muß die Vorſicht gebraucht werden, daß das Röhrchen während des Beſetzens nicht Schaden leide, und es wird vortheilhaft ſein, dasſelbe von einem zäheren elaſtiſcheren Material zu wählen. Am einfachſten iſt die Anwendung der Zündſchnüre, ſie gewährt zugleich die größte Sicherheit und der Schuß, wenn nicht das Pulver naß geworden, muß unter allen Bedingungen losgehen. Unter Zündſchnüren werden eigens mit brennbaren und zugleich waſſerdichten Stoffen präparirte Rebſchnüre verſtanden, welche einmal angezündet, ſehr langſam und ſicher ſelbſt unter Waſſer fortglimmen. Sie werden, nachdem das Bohrloch die Pulverladung erhalten hat, in dasſelbe geſteckt und mit dem Pulver in unmittelbare Verbindung gebracht. Darauf wird das Bohrloch verſetzt und die Zündſchnur, je nach der Länge der Zeit, binnen welcher der Schuß losbrennen ſoll, länger oder kürzer abgeſchnitten.

Zur Ladung soll stets sehr grobes unpolirtes Pulver verwendet werden, da die groben Körner immer leere Räume bilden und diese sehr viel zur gleichmäßigeren Entzündung beitragen. Lose sollte das Pulver nur ausnahmsweise in die Löcher geschüttet werden, da durch das Zerstreuen bei der Ladung die frühere Entzündung leicht herbeigeführt werden kann, anderseits auch dasselbe leichter Feuchtigkeit annimmt.

Die Quantität des bei gewöhnlichen Sprengungen nothwendigen Schießpulvers hängt sowohl von der Gattung und Beschaffenheit des Gesteines, als auch von der Größe und Quantität der Felsenmasse ab, welche gelockert werden soll. Aus der Erfahrung und nach sehr sorgfältig gemachten Versuchen kennt man vielfache, sehr praktische Resultate, wovon einige in nachfolgender Tabelle zusammengestellt sind, wobei alle Angaben auf eine Kubik-Klafter in österr. Pfunden basirt wurden:

Beschreibung der Gesteinsart.	Pulver für eine Kubik-Klft.	Querschnitt des unterirdischen Ganges.	Anmerkung.
	Pfunde.	Quadrat-Klft.	
Feste quarzige Gangmasse	8.33	0.99×0.63	
Fester zäher Gneis	5.68	1.06×0.53	
Gneis mit quarzigem Bindemittel ..	4 75	1.06×0.53	
Aehnliche Gangmasse mit lettigen Ablösungen in den Salbändern ..	2.70	1.11×0.44	
Gneistrümmer mit thonigem Bindemittel	1.59	1.30×0.78	*Burat:* Geologie appliquée, pag. 338, 2. Auflage.
Kryſtalliniſcher, kieſeliger, harter Kalk	3.06	1.00×0.53	
Fester Marmor	2.45	1.11×0.88	
Schiefériger Marmor	1.90	1.20×0.79	
Dichter Kalk, geschichtet mit lithographischem Stein	1.10	1.42×1.16	
Steinsalz	0.40	1.42×1.58	
Milder Thonschiefer	0.33	1.22×0.79	
Harter Quarz	5 85	1.06×1 32	
Harter Gneis	4.90	dto.	
Fester Thonschiefer	2.78	dto.	Beobachtungen in sächsischen Bergwerken.
Aelterer Kalk	0.99	dto.	
Milder Thonschiefer	1.64	dto.	
Noch milderer Thonschiefer	1.04	dto.	
Kanal bei Han in Frankreich.			
Grobkörniger Kalk im liegenden Steinkohlengebirge, mit stark fallenden Schichten, mit wenig oder gar keinem Zusammenhang	2.07	3.28×3.38	Notices sur le construction des Tunelles par Toni Fontenai, Paris 1846.

Beſchreibung der Geſteinsart.	Pulver für eine Kubik-Klft.	Querſchnitt des unterirdiſchen Ganges.	Anmerkung.
	Pfunde.	Quadrat-Klft.	
Kanal bei Revin in Frankreich.			Notices sur le construction des Tunelles par Toni Fontenai, Paris 1846.
Unregelmäßig geſchichteter, kleinblätteriger Thonſchiefer, mit einzelnen Quarzknoten	8.58	3.44×3.38	
Stollen im Departement Vienne in Frankreich.			
Granit, mittlerer feſter, ohne Zerklüftung.....	2.13	0.60×1.04	
Granit, ſehr feſter, doch zerklüftet .	2.66	dto.	
Stollen bei Roche de Molière, Depart. Loire, in Frankreich.			
Kohlenſandſtein, mit harten großen Quarzſtücken	2.29	1.04×0.68	
Stollen bei Sourcieux, Departement Rhone, in Frankreich.			Tunnelbau von Emil Leo I. 1853.
Sehr harter, ſchwer bearbeitbarer Talgſchiefer	0.63	1.04×0.68	
Stollen im Mannsfeld'ſchen.			
Rother Sandſtein	5.90	1.10×0.62	
Tunnel bei Kenmare, iriſche Grafſchaft Kerry.			
Thonſchiefer, in Kieſelſchiefer übergehend, von vielen Quarztrümmern durchzogen.....	9.94	6.921	
Blechingley-Tunnel in England.			
Blauer Mealdthon.....	2.27	20.80	Förſter: Bauzeitung 1848.

Die Werkzeuge, welche zur Förderung der einzelnen Materialien nöthig ſind, können verſchiedenartig ſein, je nachdem die Förderung ſelbſt eingeleitet wird. Der Hauptſache nach laſſen ſie ſich in drei Gruppen theilen:

a) in Werkzeuge zur gewöhnlichen Förderungsart,

b) in ſolche, auf proviſoriſchen Eiſenbahnen,

c) in Werkzeuge zur Förderung durch die Schächte.

Bei der gewöhnlichen Förderungsart kommen folgende Werkzeuge in Verwendung:

Der gewöhnliche Schiebkarren Figur 2, Tafel I. und der zweirädrige Karren, welcher letzter entweder eingerichtet ist für Zugkraft mit Menschen oder Thieren. Im letzteren Fall werden sie gewöhnlich so konstruirt, daß der eigentliche Kasten nach rückwärts zum umkippen eingerichtet ist. Dieselben sind so bekannt, daß sie keiner weitern Beschreibung bedürfen. Tafel I. Figuren 6 und 7 zeigen die verschiedenen Förderungskarren. Das Ladevermögen eines gewöhnlichen Schiebkarrens beträgt 0·9 bis 1·5 Kubikfuß, des zweirädrigen Karrens von Menschen bewegt 6 bis 7 Kubikfuß, desselben von Pferden gezogen 12 bis 15 Kubikfuß. Zum Transport der Mauerungs- und öfters auch der Bölzungsmaterialien bedient man sich des sogenannten Steinkarrens, wie ihn die Fig. 1, Tafel I. darstellt.

Bei der Förderung auf provisorischen Eisenbahnen bedient man sich des Bahnwagens. Die Konstruktion derselben ist verschieden, am häufigsten und zweckmäßigsten werden diese so konstruirt, daß der obere Kasten entweder nach rückwärts oder nach den Seiten zum Umkippen eingerichtet ist. Die Tafel I. Figur 9 zeigt einen solchen Wagen nach rückwärts Figur 10 einen nach der Seite zum Umkippen, ferner Figur 8 stellt einen Wagen für die Mauerungs- und Bölzungsmaterialien dar. Die Größe dieser Bahnwagen hängt von der Geleisweite der provisorischen Bahn ab, daher das Ladevermögen ein verschiedenes ist, jedoch das Maximum desselben mit 60 bis 65 Kubikschuh angenommen wird.

Komplizirter sind die Mittel zur Förderung durch die Schächte und zerfallen in zwei Abtheilungen, nämlich in die Mittel, welche die zu fördernden Materialien aufnehmen, die Kübeln, und in die Aufzugsvorrichtungen.

Die Kübel sind entweder rund, faßartig oder viereckig, immer müssen dieselben gut und solid mit Eisen beschlagen sein. Znr Aufhängung ist der Kübel entweder mit einem Ring, der mittelst eiserner Gabeln befestiget oder mittelst vier starker Haken versehen ist. Das Aufzugsseil hat im ersten Fall einen Haken, im zweiten Fall ist es mit vier kurzen Ketten in Verbindung gebracht.

Die Aufzugsvorrichtungen, welche sich immer oben am Schacht befinden, sind entweder die einfache Aufzugswelle, von Menschen bewegt, oder der Göppel von Thieren getrieben, oder eine Dampfmaschine.

Die ganze Vorrichtung wird jedesmal so eingerichtet, daß, wenn der volle Kübel aufgezogen, der leere zugleich hinabgelassen wird. Es ist

daher von wesentlichem Vortheil, wenn es die Größe des Schachtes erlaubt, denselben durch eine Wand abzutheilen, daß die beiden Kübel ungestört von einander sich bewegen können.

Verwendet man zum Aufzug das gewöhnliche Hanfseil, so muß dieses gut getheert sein, um es vor der Feuchtigkeit zu schützen. Es bedarf einer großen Aufmerksamkeit, damit es sich nirgends reibt, wodurch es in sehr kurzer Zeit unbrauchbar wird.

Mit größerem Vortheil, besonders wenn der Bau mehrere Jahre dauert, wird man sich des Drahtseiles bedienen; es kann bedeutend schwächer sein, dauert bei einiger Aufmerksamkeit sehr lange und gewährt die größte Sicherheit. Besonders zu berücksichtigen ist dabei, daß die Trommel oben an der Aufzugsmaschinen einen verhältnißmäßig großen Durchmesser erhält, damit das Seil nicht durch zu starkes Biegen leidet oder bricht.

Häufig verwendet man auch Ketten, welche jedoch nicht anzuempfehlen sind, da die einzelnen Glieder an der Trommel sehr leicht Schaden leiden, ohne daß sich derselbe erkennen läßt und die Ketten sodann plötzlich reißen und auf diese Art die wenigste Sicherheit bieten. Die Befestigungsart der Seile oder Ketten an die Kübel ist bereits früher erwähnt.

c) Vorgang beim Bau.

Die Detailausführung oder das in Betriebsetzen eines Tunnelbaues wurde früher gewöhnlich empirisch gebildeten Aufsehern oder Obersteigern überlassen, welche an ihren aus kleinen Stollenbauten oder Bergwerken mitgebrachten Ansichten festhielten, und den neuen Tunnelbau einleiteten, ohne daß der bauleitende Ingenieur aus Scheu vor der für ihn neuen Wissenschaft: einen Stollen von so großen Dimensionen zu treiben, die Leitung der Detailarbeiten selbst in die Hand genommen, und denselben, gegründet auf die wissenschaftlichen Vergleiche und Anschauungen geordnet hätte. Aus diesem Grunde findet man bei Vergleich von Tunnelbauten selbst in gleichen Materialien verschiedene Baumethoden.

Bei genauerer Betrachtung dieser Baumethoden wird man finden, daß sich dieselben nach gewissen Prinzipien gruppiren und man kann im Allgemeinen drei Abtheilungen unterscheiden, und zwar:

1. Die Methode, nach welcher die Widerlager abgeteuft und aufgemauert werden, nachdem das obere Gewölbe ausgearbeitet und das Mauerwerk geschlossen ist.

2. Die Methode mit Anwendung des Mittelkörpers.
3. Die Methode des Vorganges mit vollem Profil.

Der Vorgang nach der ersten Methode, welche besonders in Belgien angewendet wurde, ist folgender: Man geht von den beiden Eingängen oder wenn Schächte abgeteuft sind, von diesen aus, mit einem Kopfstollen in den Tunnel ein. Sobald derselbe eine Strecke vorgetrieben ist, wird er rechts und links auf das normale Profil erweitert, bis der ganze obere Raum des Gewölbes ausgehoben ist, worauf sogleich, wo es nöthig ist, das Gewölbmauerwerk hergestellt wird. Nach dem Schluß des Gewölbes werden beiderseits die Widerlager abgeteuft und das Widerlagsmauerwerk hergestellt. Mit Hinwegnahme des zwischen den beiden Widerlagern stehengebliebenen mittleren Materialkörpers sind die Tunnelarbeiten geschlossen, im Falle nicht noch ein Sohlengewölbe ausgeführt werden muß.

Die Figur 1, Tafel II. erklärt den Vorgang deutlicher: a ist der Kopfstollen, b die Erweiterung auf das normale Tunnelprofil, c Abteufung der Widerlager, d der Mittelkörper, e allfälliges Sohlengewölbe. Der erwähnte Kopfstollen erhält eine Höhe, welche gleich ist der Pfeilhöhe des Gewölbes, nämlich von der Widerlagslinie bis zum Tunnelfirste, die Breite soll so gewählt werden, daß in demselben die Material-Förderung und außerdem ein Manipulationsraum für die ungehinderte Erweiterung genügend Platz findet. Mit einer Breite von 8 bis 10 Fuß wird man immer vollkommen ausreichen.

Beschleuniget man die Arbeiten im Kopfstollen, so daß derselbe den übrigen Arbeiten bedeutend vorauseilt und er auch viel früher durchschlägig wird, so kann man die Angriffspunkte für die ferneren Tunnelarbeiten vermehren, indem in bestimmten Entfernungen die Erweiterung zugleich begonnen und die ferneren Arbeiten an mehreren Punkten gleichmäßig fortschreiten können.

In einem festen felsigen Materiale werden die Arbeiten bei dieser Baumethode ziemlich anstandslos vorwärts schreiten, obgleich auch hier dieselbe nicht empfehlenswerth ist, da die Förderung der Mauerung und Bölzungsmaterialien, sowie der ausgehobenen Berge durch den im Scheitel getriebenen Kopfstollen allein möglich ist, wobei Störungen und Zeitverlust unvermeidlich sind. Hiezu kömmt ferner, daß die kleinere Masse, die Baumaterialien bei dem Abladen niedergelassen, die große Masse, das Aushubsmateriale aber beim Aufladen in die Höhe gehoben werden muß, welcher Umstand die Kosten des Baues beträchtlich erhöht. In einem weichen beweglichen Materiale sind die Arbeiten viel beschwer-

licher und die Ausführung und Vollendung des Baues nach dieſer Methode kann ſogar zweifelhaft werden. Die Schwierigkeiten werden eintreten bei dem Abteufen der Widerlager und durch die Unterfangung des oberen Gewölbes. Trotz allen zu Gebote ſtehenden Hilfsmitteln zu einer ſoliden Abfangung des oberen Mauerwerkes, wie wir dieſe bei der Tunnelmauerung näher kennen lernen werden, iſt doch bei einigem Druck oder Bewegung nach gänzlicher Herſtellung des Tunnels eine Summe von ſtufenweiſen Senkungen, und als deſſen Folge mehr oder weniger größere Trennungen des oberen Gewölbes, Zerklüftung des auf dem Tunnel ruhenden Gebirges, verſtärkter Druck auf das Gewölbe unvermeidlich. Weitere Schwierigkeiten für die Durchführung dieſer Baumethode werden eintreten im waſſerreichen Terrain, indem das Waſſer beim Abteufen der Widerlager ſich dort ſammeln wird, und mit vieler Anſtrengung und vielen Koſten auf die Höhe des Kopfſtollens gehoben und herausgeſchafft werden muß. Ein fernerer wohl zu berückſichtigender Nachtheil iſt endlich dieſer, daß in einem Tunnel, welcher eines Sohlengewölbes bedarf, dieſes bloß nachträglich eingeſpannt werden kann. Dieſer Nachtheil beſteht darin, daß die beiden Widerlager, welche, wie die Tagebauten, z. B. Brücken, Kanäle ꝛc. oft gar kein eigentliches oder nur ſehr geringes Fundament erhalten, gegen einander gedrückt werden, dadurch eine Bewegung im ganzen Mauerwerk bewirken und dem Tunnelprofil unregelmäßige, oft für den Betrieb ſehr nachtheilige Formen gibt. Dieſen Bewegungen kann wohl einigermaßen geſteuert werden, doch laſſen ſich dieſe niemals ganz beſeitigen, da die Fundamente der Widerlager durch die Ausgrabungen für das Sohlengewölbe zu ſehr bloß gelegt und erſchüttert werden.

Beiſpiele von derartigen Verdrückungen, welche bloß in Folge der nachträglichen Einſpannung des Sohlengewölbes entſtanden, ſind die Tunnels Nr. 3 und 4 am Karſt auf der Eiſenbahn von Wien nach Trieſt. Trotz der ſolideſten und beſten Abſpreitzung der beiden Widerlager während der Herſtellung des Sohlengewölbes finden ſich doch bedeutende Verengungen in der Nivelettenhöhe. Ein anderes Beiſpiel dieſes Nachtheiles liefert uns der Tunnel bei Czernitz, welcher Bau nicht zu Ende geführt werden konnte, da bei Abarbeitung des Mittelkörpers und bei Fundirung für das Sohlengewölbe ein derartiger Sohlenauftrieb entſtand, daß das fertige Gewölbe auf eine Länge von 38 Klaftern gänzlich einging. Endlich ein ferneres Beiſpiel, welchen Gefahren der Bau eines Tunnels durch die nachträgliche Einſpannung des Sohlengewölbes ausgeſetzt iſt, findet man an dem Triebitzer Tunnel der

Olmütz-Prager Staats-Eisenbahn. Der Tunnel, obgleich für eine Doppelbahn angelegt, war doch nach seiner Beendigung zwischen den Widerlagern schon so verengt, daß er anfangs blos für ein Geleise benützt werden konnte, und obgleich der Bau zu Ende gebracht wurde, so war doch das Mauerwerk durch seine Bewegungen während des Baues so schadhaft geworden, daß die Bewegungen selbst nach dem Schluß des Sohlengewölbes nicht aufhörten und nach einem Jahr der Tunnel an einer Stelle in einer Länge von 40 Klaftern den Einsturz drohte.

Bei der zweiten Baumethode mit Anwendung des Mittelkörpers ist der Vorgang folgender: nachdem der Kopfstollen a Figur 2, Tafel II. eine Strecke vorgetrieben ist und beiderseitig derselbe erweitert b b, ist, so daß das obere Tunnelprofil dessen normale Größe vollkommen erhalten hat, sodann die zwei Widerlager in zwei Etagen c c, und d d, abgeteuft sind, wird das Mauerwerk in den Fundamenten der Widerlager begonnen und zum Schluß gebracht. Nach Beendigung des Mauerwerkes wird der stehend gebliebene Mittelkörper e entfernt und im Falle der Nothwendigkeit eines Sohlengewölbes macht dieses den Schluß der Arbeiten. Der Zweck des Mittelkörpers ist besonders der, daß in einem Tunnel, welcher einer Zimmerung bedarf, das Bölzungsgehölze keine zu großen Längen benöthige, ferner um der ganzen Zimmerung ein Auflager und eine Stütze zu geben, an welche es sich anlehnen kann.

Soll dieser Zweck erreicht werden, so muß der Mittelkörper die größtmöglichen Dimensionen erhalten, damit derselbe nicht nur seine eigene Stabilität behält, sondern auch noch einen gewissen Grad Tragfähigkeit besitzt. Zugleich sollen jedoch diese Dimensionen so gewählt werden, daß in dem ausgehobenen Kopf- und Ortstollen noch immer Raum genug für die Förderung, Manipulation und die Mauerstärke bleibt. Bei dem beschränkten Raum in einem Tunnel, welcher bis höchstens 25′ lichte Breite in der Nivelettenhöhe erhält, lassen sich jedoch diese beiden Eigenschaften schwer vereinigen; denn wenn man die kleinste Breite des Ortstollens, in welcher eine Förderung und Manipulation noch möglich ist, mit 6 Fuß annimmt, so bleibt für den Mittelkörper als Maximum eine Breite von 13 Fuß, welche bei einem schlechten Materiale viel zu gering ist, um eine solide Unterlage bilden zu können, und man sieht sich dann genöthiget, um den Hauptzweck zu erreichen, auf Kosten der Förderung den Mittelkörper breiter zu machen, das heißt die Förderung in den Ortstollen aufzugeben und dieselbe bloß im Kopfstollen einzurichten.

Obgleich die beschriebene Baumethode mittelst des Mittelkörpers sehr viele Anhänger und Vertheidiger findet, und in der Praxis häufig an-

gewendet wird, ſind die Nachtheile doch ſo bedeutend, daß dieſe durchaus nicht als empfehlenswerth bezeichnet werden kann. Die Nachtheile ſind im Weſentlichſten folgende: In einem feſten felſigen Materiale, welches keiner Ausbölzung bedarf, verſchwindet der Zweck des Mittelkörpers von ſelbſt; und wird derſelbe dennoch angewendet, ſo erſchwert er durch den beengten Raum die Arbeit, und vermehrt die Koſten. In einem Materiale, welches einer Zimmerung bedarf und daher der Mittelkörper die Aufgabe hat, das obere Bölzungsgehölze zu tragen, wird, wenn dieſer Zweck nur einigermaßen erreicht werden ſoll, der früher erwähnte Fall eintreten, wobei eine Förderbahn nur allein oben am Mittelkörper möglich iſt, auf welcher alle Materialien, des Aushubes und der Mauerung bewegt werden müſſen, und es zeigen ſich ſodann dieſelben Nachtheile für die Förderung ferner für Waſſeranſammlungen ꝛc., endlich mit der nachträglichen Einſpannung des Sohlengewölbes, wie dieſe bei der erſten Baumethode beſchrieben wurden.

In manchen Materialien wird ſelbſt die größtmögliche Breite, welche man einem Mittelkörper geben kann, nicht hinreichen, daß er im Stande wäre, das obere Bölzungsgehölze zu tragen und man wird ihm durch Verpfählung und Verſpreizung eine künſtliche Stabilität und Tragfähigkeit geben müſſen. Betrachtet man in allen dieſen Fällen in der Praxis die ganze Verzimmerung genau, ſo wird man ſich immer überzeugen, daß durch dieſe künſtliche Verzimmerung die Tragfähigkeit des Mittelkörpers eine bloß ſcheinbare iſt, da das obere Gehölz nicht mehr von dem Mittelkörper, ſondern lediglich von den Bölzungshölzern, welche zur Verzimmerung des Mittelkörpers verwendet wurden, getragen wird, welches dann den Mittelkörper von ſelbſt entbehrlich macht.

Die dritte Bauart mit ganzem Profil unterſcheidet ſich von beiden frühern weſentlich dadurch, daß erſt dann mit der Mauerung einzelner Strecken begonnen wird, wenn bereits das ganze Tunnel-Profil ausgehoben iſt. Der Bauvorgang iſt im Allgemeinen folgender: nach Zeichnung 3, Tafel II. wird der Kopfſtollen a vorgetrieben und beiderſeits erweitert b b, ſodann geſchieht die Arbeit vom Kopfſtollen abwärts bis auf die Nivelette, ſo daß ein Mittelgang c gebildet und dieſer beiderſeits bis auf die Normalbreite erweitert wird d, d; worauf man nun mit der Mauerung bei den Fundamenten der Widerlager beginnt. Iſt jedoch die Spannung eines Sohlengewölbes nöthig, ſo wird noch früher der Aushub e gemacht, und dann die Mauerung am Gewölbsſchluſſe des Sohlengewölbes begonnen.

Häufig wird gleich bei Beginn der Arbeiten in der Achſe des Tun-

nels in der Nivelettenhöhe ein Mittel- oder Richtungsſtollen zugleich mit dem Kopfſtollen getrieben. Beſchleuniget man in dem Richtungsſtollen die Arbeiten derart, daß derſelbe allen übrigen Arbeiten voraus und er auch viel früher durchſchlägig iſt, ſo gewährt er den vielfachen Vortheil, daß er eine Controlle für die richtige Anlage des Tunnels gibt, ferner die allfällig zufließenden Waſſer, ohne daß ſie erſt ſtörend auf die Arbeiten wirken können, leicht abführt und endlich, daß er der Förderung in möglichſt kurzer Zeit einen durchlaufenden Raum, welcher während der ganzen folgenden Arbeit ungehindert benützt werden kann, bietet. Dieſer Mittel- oder Richtſtollen muß daher, wenn er zweckmäßig angelegt ſein ſoll, ſolche Dimenſionen erhalten, daß in denſelben die Förderung ſammt Waſſerableitung vollkommen Platz finden, und deſſen Größe wird abhängig ſein von der Art der Förderung und den Dimenſionen der Förderungsmittel, welche gebraucht werden ſollen. Zur Ableitung des Waſſers wird gewöhnlich an der Sohle des Stollens ein kleiner Kanal ausgehoben, welchen man mit Holz überdeckt.

Die Vorzüge dieſer Baumethode vor den andern beiden ſind einleuchtend: Der Manipulationsraum für ſämmtliche Arbeiten iſt der größte, welcher in einem Tunnelraum möglich iſt. Die Förderung kann fortwährend an der tiefſten Stelle betrieben werden, und es iſt blos nöthig, die Baumaterialien für das obere Mauergewölbe in die Höhe zu heben; der Waſſerabfluß benöthiget, wenn die Nivelette ein Gefälle nach Außen hat, gar keiner oder nur ſehr geringer Hilfsmittel. Endlich kann das Mauerwerk, wo es nöthig iſt, mit dem Sohlengewölbe begonnen werden.

Außerdem ſind gleichſam als Ausnahmen einige Tunnelbauten, deren Baubetrieb ſich in keine der drei Methoden einreihen läßt, zu erwähnen. Ihre Anwendung iſt ſo ſelten oder nur vereinzelt, daß im Allgemeinen dieſe keine eigenen Baumethoden genannt werden können; auch ſind ſie, wie man ohne weitere Erläuterung ſehen wird, ſo wenig nachahmungswürdig, daß ſie hier nicht als Muſter, ſondern mehr als Beiſpiel der Verſchiedenartigkeit der einzelnen Ausführungen Erwähnung finden.

Eine Einſenkung bei dem Tunnel von Tronquoy*) in Frankreich wurde auf folgende Art durchgefahren: Man ging zuerſt mit den beiden Ortſtollen a a, Figur 11, Tafel VI. ein; gab demſelben eine ſolche Breite, daß das Widerlagsmauerwerk von 1·5 Fuß Stärke darin aufgeführt werden konnte; war dieſes auf 30 bis 35 Fuß Länge hergeſtellt, ſo füllte man den leeren Raum in dem Stollen a mit Erde oder Schotter

*) Becker's Baukunde des Ingenieurs, Seite 389.

aus und zog dabei ſoviel als möglich Holz heraus. Nun ging man mit den zwei neuen Stollen b b, ein und führte auch hier das Mauerwerk aus. In gleicher Art öffnete man den Stollen c c, und ſetzte darin das Gewölbe fort, indem man die Backſteine ſtatt auf Lehrgerüſte, auf dem natürlichen Boden oder den Steinſchutt auflegte. Der Schluß des Gewölbes erfolgte durch den Querſtollen dd.

Der Tunnel am Kanal von Roubaix*), Figuren 2, 3, 4, 5, 6, 7, Tafel VI. wurde durch eine Thonſchichte von bedeutender Mächtigkeit mit großem Waſſerandrang folgender Art getrieben: Der Tunnel hat eine Länge von 628.3 Klftr. und liegt 15.7 Klftr. an der tiefſten Stelle unter der Oberfläche des Terrains. Die Schächte, welche abwechſelnd zur Rechten und Linken der Tunnelachſe abgeteuft waren, hatten eine Entfernung von 26 Klaftern und lagen 1 Klafter außerhalb den Widerlagern. Nachdem man von jedem Schachte aus einen kleinen Querſtollen a Figur 4 gemacht hatte, trieb man in dem Niveau der Tunnelhöhle einen Widerlagsſtollen von 1 Klafter Höhe und 1 Klafter Breite, und gab demſelben eine Holzverkeilung Figur 7. In dieſem Stollen wurde nun das Widerlagsmauerwerk auf die halbe Höhe aufgeführt, indem nach Maßgabe des Vorrückens der Mauer die Stützen auf der einen Seite weggenommen und der übrige Raum des Stollens mit Thonerde ausgefüllt wurde. Nun begann man ſogleich einen zweiten Stollen unmittelbar über dem erſten anzulegen, Figur 5, in welchen das Mauerwerk der Widerlager auf ihre vollſtändige Höhe von zwei Klaftern, aufgeführt ward. Waren auf dieſe Weiſe beide Widerlager vollendet, ſo machte man von Klafter zu Klafter die für das Gewölbe nöthige Ausgrabung und beeilte ſich dasſelbe aufzuführen und zum Schluß zu bringen.

Der Hönebacher Tunnel**), Figur 8, 9, 10, Tafel VI. auf der Kurfürſt Friedrich Wilhelm's-Nordbahn wurde in zerbrochenen bunten Sandſtein mit großem Waſſerandrang folgender Art getrieben: Der Tunnel, deſſen Länge 520 Klafter iſt, wurde mittelſt drei Schächten, deren tiefſter 22 Klafter hatte, bearbeitet. Die Schächte ſtanden ſenkrecht auf der Tunnelare. Die Tunnelarbeiten wurden begonnen mit einem Mittelſtollen Figur 8 in der Höhe der Rivelette. Nachdem dieſer eine Strecke vorgetrieben und verzimmert war, wurde derſelbe nach Oben bis zum Firſt des Tunnelgewölbes b erhöht, dann der obere Theil des Gewölbes auf das normale Profil c c, erweitert, und das Gewölbmauerwerk begonnen. Sobald dieſes Gewölbe geſchloſſen war, wurde dann die Abgrabung der

*) Becker's Baukunde des Ingenieurs, Seite 402.

**) Stuttgarter Eiſenbahnzeitung 1846—48.

Wände von beiden Seiten des Mittelſtollen gemacht, und die Widerlager, während das Gewölbe mittelſt Stempel unterfangen wurde, aufgemauert.

Als Beiſpiel eines Baubetriebes im harten und kompakten Felſen möge der Tunnel des Kanales Thames und Medway in England dienen *). Der Tunnel in Kreideformation getrieben hat 1895.3 Klafter Länge und wurde von 12 Fuß ausgemauerten 7.1 Fuß weiten Treibſchächten aus in Angriff genommen. Die Entfernung der Treibſchächte wechſelte von 90 bis 250 Klaftern. Außer den Treibſchächten waren noch 11 Luftſchächte von 5.5 Fuß Weite vorhanden. Die Weite des Gewölbes beträgt 4 und 5.2 Klafter. Man öffnete 5 Längenſtollen und ließ zwiſchen denſelben dünne Pfeiler ſtehen, Figur 1, Tafel VI. Waren dieſe Stollen auf drei Klafter eingetrieben, ſo nahm man die Pfeiler auf 9 Fuß Tiefe heraus, und ſtellte dafür gleich die Lehrgerüſte auf. Während nun das Gewölbe aufgeführt wurde, ging man mit den Stollen weitere 9 Fuß vor, und nach geſchloſſenem Gewölbe wiederholte man die vorige Arbeit ſo lange, bis der ganze Tunnel geöffnet war.

Bei allen beſchriebenen Baumethoden iſt immer eine Hauptregel, daß die Arbeiten in allen Etagen gleichmäßig fortſchreiten, worauf beſonders dann geſehen werden muß, wenn auf die eingebaute Zimmerung mehr Druck ausgeübt wird. Sehr zweckmäßig iſt zu dieſem Behufe die Anordnung, daß die einzelnen Etagen für den Aushub in den gleichen Längen fortgeführt werden, in welchen die Maurerarbeiten fortſchreiten, und daß niemals mehr ausgehoben werde, als für die nächſte Mauergurte unumgänglich nöthig iſt. Wird z. B. die Mauerung in Längen von 2 bis 3 Klaftern bewerkſtelliget, ſo ſoll der anſtoßende Theil von 2 bis 3 Klaftern Länge erſt dann ausgehoben und vorbereitet ſein, wenn die Mauerung über die Widerlagshöhe vorgeſchritten iſt, ſo wie die übrigen Etagen die gleiche Länge von 2 bis 3 Klaftern behalten ſollen. Durch dieſe Anwendung wird nicht nur eine bedeutende Erſparniß an Bölzungsgehölze erzielt, ſondern auch der große Vortheil erreicht, daß der Aushub nur die möglichſt kurze Zeit in ſeiner proviſoriſchen Zimmerung ſteht. Iſt der Tunnel nämlich in einem Materiale geführt, welches von Beginn an gleich größeren Druck und Bewegung äußert, ſo wird zwar der Druck ſich nicht vergrößern, doch die Bewegung ſich dadurch vermehren, daß die anfänglich eingebaute Zimmerung durch den erwähnten conſtant wirkenden Druck immer mehr zuſammengepreßt, theilweiſe zerbrochen, und was die Haupturſache iſt, die Stempel und Spreitzen derſelben aus

*) Becker's Baukunde des Ingenieurs, Seite 397.

ihren normalen und denjenigen Stellungen gebracht werden, welche nur dem stärksten Druck widerstehen können. Je länger nun ein derartiger Tunnelaushub in seiner provisorischen Zimmerung steht, desto mehr werden diese Bewegungen überhand nehmen, und man wird denselben blos durch fortwährendes Auswechseln der gebrochenen Hölzer und Einbauung neuer Hilfshölzer einigermaßen steuern können, ohne jedoch desselben gänzlich Meister zu werden. Oefters jedoch wird ein Tunnel in einem Materiale getrieben, welches während der Bearbeitung fest ist und wenig oder gar keinen Druck ausübt, und erst nach einiger Zeit durch den Einfluß der Atmosphäre und Hinzutritt der Näße seine Gestalt und Volumen ändert. In diesem Falle wird der Druck und die Bewegung auf die Zimmerung erst nach einiger Zeit eintreten, und hat man nun den Aushub vor der Mauerung nicht weiter vorgetrieben, als es nöthig ist, so wird einer immer größer werdenden Fortbildung des Druckes und der Bewegung gesteuert, und dadurch gewiß eine bedeutende Ersparniß an Bölzungsgehölze erzielt werden.

Der Bauvorgang bei Abteufung der Schächte ist verhältnißmäßig ein einfacherer und weniger verschieden bei den einzelnen Bauten, als der für den Tunnelaushub. Derselbe kann auf mehrfache Art bewerkstelliget werden, indem entweder der Schacht eine provisorische Auszimmerung erhält, welche für die Dauer des Baues zu bestehen hat, oder er bekömmt eine definitive Ausmauerung. Im ersten Fall werden einfach die Berge gelöst, mittelst der aufgestellten Aufzugsvorrichtungen zu Tage gefördert und der Raum, wo es nöthig ist, gleichzeitig mit dem Tieferwerden verzimmert. Im zweiten Fall, bei welchem der Schacht ausgemauert und daher für immer geöffnet erhalten werden soll, kann die Abteufung auf doppelte Art bewerkstelliget werden, und zwar wird entweder das Mauerwerk erst zum Schluß der ganzen Arbeit hergestellt, dann bleibt der Schacht während seiner ganzen Benützung in seiner provisorischen Zimmerung und der Bauvorgang ist derselbe, wie bereits beschrieben ist; oder das Mauerwerk schreitet gleichzeitig mit dem Abteufen abwärts, dann wird die provisorische Zimmerung beinahe ganz erspart, und der Bauvorgang kann dann wieder auf doppelte Weise eingeleitet werden, entweder durch Unterfangung oder durch Versenkung des Mauerwerkes. Diese beiden Arbeiten werden wir Gelegenheit haben bei der Beschreibung der Schachtmauerung näher im Detail zu beleuchten.

Große Schwierigkeiten bei Fortgang der Schachtarbeiten bereitet das Eintreten von Wasser. Nur mit Hilfe eines sogenannten Sumpfes ist es dann möglich den Schachtbau fortzusetzen. Der Sumpf ist ein

kleinerer Schacht in dem Schacht, in welchem sich die Wasser sammeln, von da ausgeschöpft werden, dadurch die Sohle des eigentlichen Schachtes trocken erhalten und zur Arbeit möglich machen. Mit dem Tieferarbeiten des Schachtes muß auch immer das Tieferwerden des Sumpfes fortschreiten.

Da die Erfahrung gelehrt hat, daß die offenen Schächte für den Tunnel eher nachtheilig als vortheilhaft sind, indem sie nichts zur Beleuchtung des Tunnels beitragen, den Wasserzufluß befördern, ferner im Winter zur Ansammlung von größeren Eismassen beitragen, so werden in den meisten Fällen diese Schächte nach vollendetem Bau verschüttet. Diese Verschüttung darf nur langsam und vorsichtig, besonders unmittelbar über dem Tunnelgewölbe, geschehen, und soll immer in Schichten von mäßiger Höhe vorwärts schreiten. Diese Schichten müssen sorgfältig und gut zusammengetreten und gestoßen werden, indem das Tunnelgewölbe durch zu rasche Belastung und Erschütterung leicht Schaden leiden kann. Als Anschüttungsmateriale muß ein möglichst wasserdichtes gewählt werden, z. B. Tegel, Letten, Erde ꝛc.; wäre dasselbe jedoch schwer zu erwerben, so verwende man wenigstens dasselbe blos zur obersten Schichte, um den Tagwässern nicht durch den verschütteten Schacht einen Abfluß zu geben. Aus gleichem Grunde ist es vortheilhaft, die Anschüttung über das Terrain zu erhöhen und deren Oberfläche mit einem Pflaster zu versehen. Mit dem Vorwärtsschreiten der Anschüttung geschieht nach und nach die Entfernung und zu Tageförderung der Schachtbölzung. Bei sehr tiefen Schächten, wo die Last der Anschüttung auf das Tunnelgewölbe eine sehr beträchtliche ist, kann diese verringert werden, indem in gewissen Tiefen Entlastungsgewölbe quer durch den Schacht gespannt werden, welche ihre Widerlager in dem natürlichen Terrain der Wände des Schachtes finden und dadurch eine Stütze für die unmittelbare Anschüttung bis zur nächsten Gurte bilden. Am Semmeringer Haupttunnel wurde diese Anordnung mit großem Vortheil getroffen, wie es die Figuren 16, 17, Tafel XXII. zeigt.

Bei Tunnels von sehr beträchtlicher Länge wird es dennoch vortheilhaft sein, einige von den Schächten offen zu lassen, damit sie bei allfälligen Reparaturen des Tunnels zur Förderung der Materialien benützt werden können.

Die Stellung der Förderschächte in Rücksicht auf die Tunnelaxe ist verschieden, entweder fällt die Schachtaxe mit der Tunnelaxe in eine vertikale Ebene, oder die Schachtaxe fällt in die Linie der Widerlager oder dieselbe wird ganz außerhalb des Tunnelprofiles gestellt und

dann an der Sohle durch Querſtollen mit dem Tunnel in Verbindung gebracht. Die beiden erſten Anordnungen haben den Vorzug einer viel einfacheren und bequemeren Manipulation für die Materialförderung, jedoch den ſehr zu berückſichtigenden Nachtheil, daß in ſchlechtem beweglichen Materiale die Schachtzimmerung auf die Tunnelzimmerung einen ſehr bedeutenden Druck ausübt und häufig zu großen Bewegungen Anlaß gibt. Auch wird die Tunnelausmauerung unter den Schächten erſchwert und das Mauerwerk muß um vieles verſtärkt werden. Dieſe Nachtheile werden größtentheils gehoben durch die Stellung der Schächte außerhalb des Tunnelprofiles; auch kömmt zu dieſer Anordnung noch der Vortheil, daß bei dem Vorkommen von unterirdiſchen Quellen das Waſſer leichter von dem Tunnelbau abgehalten werden kann, was die Arbeiten weſentlich erleichtert. Führt man von dieſen Schächten noch ſogenannte Waſſerſtollen, welche mit der waſſerhaltigen Schichte laufen, ſo erreicht man dadurch einen natürlichen Waſſerabzug. Der Nachtheil dieſer Anordnung iſt bloß in der mehr erſchwerten Manipulation der Materialförderung gelegen.

Die Stellung der Schächte in Bezug auf die Terrainoberfläche, von welchen Punkten ſie abzuteufen ſind, ſoll ſo gewählt werden, daß das Terrain daſelbſt keine Einſattlung oder Vertiefung, ſondern mehr eine Abdachung bilde, damit den ſich ſammelnden Tagwäſſern keine Gelegenheit geboten wird, ſich in die Schächte zu ergießen, ſondern damit ſelbe an der Terrainoberfläche immer von denſelben frei abfließen können. — Die Schächte erhalten verſchiedene Querſchnitte, je nach dem Zweck, welchen ſie zu erfüllen haben. Sind es bloße Wetterſchächte, ſo werden dieſe bei der ſehr geringen Anwendung, welche ſie überhaupt haben, gewöhnlich kreisrund mit ſehr kleinen Halbmeſſern von 4 bis 6 Fuß gemacht. Sind es aber Förderſchächte, dann verlangen ſie viel größere Dimenſionen und erhalten, wenn ſie nicht gleich ausgemauert werden, entweder quadratiſche oder parallelopipediſche Querſchnitte. Die Größe muß ſo gewählt werden, daß in ihrem Raum die Fahrt, die Förderung, Waſſerpumpen und Ventilationsröhre Platz finden. Als Beiſpiele für die Größe der Anlage ſolcher Schächte mögen folgende Fälle dienen: Bei dem Bau der Semmeringer Bahn waren dieſe parallelopipediſch mit einer lichten Oeffnung von 27 und 12 Fuß. Die Schächte am Tunnel 6 der Karſtbahn zwiſchen Laibach und Trieſt quadratiſch von 14 Fuß lichte Weite. An der Jura-Eiſenbahn in der Schweiz bei dem Tunnel des Loges eine Weite von 6 und 11 Fuß öſterreichiſche Maß. Die Förderſchächte des Aachner Buſchtunnel der Rheiniſchen Eiſenbahn waren im Quadrat

11 Fuß. Bei dem Blechingley-Tunnel der London-Birminghamer Bahn waren die Förderschächte rund mit 8.67 Fuß Durchmesser. Der Hauenstein-Tunnel der schweizerischen Centralbahn hatte Schächte von 12 Fuß Durchmesser.

Die Größe des Tunnelaushubes läßt sich in den seltensten Fällen derart bewerkstelligen, daß das gegebene Tunnelprofil genau eingehalten werden kann d. h. das wirklich gemachte Kubikmaß wird immer größer sein, als das theoretisch berechnete, theils durch Zufälligkeiten, welche in den Gesteinsarten ihre Ursache finden, theils wissentlich und durch die Nothwendigkeit geboten. Bei Felsarten, welche mittelst Pulver und Spitzhaue bearbeitet werden und keine dichte Massivstruktur besitzen, sind Ablösungen einzelner Steine und Schichten unvermeidlich, auch hat selbst der geschickteste Arbeiter beim Bohren und Laden der Minen es doch nicht so in seiner Gewalt, daß der Schuß genau die verlangte Wirkung mache. Bedarf die Gesteinsart einer Ausmauerung, so wird es nöthig werden geflissentlich eine größere Aushubsfläche zu geben, um die erforderliche Mauerstärke beachten zu können und dem Maurer, besonders bei Quadermauerwerk, einen kleinen Manipulationsraum zur soliden Herstellung zu gewähren. Ein solcher Manipulationsraum wird in einem felsigen Materiale, welches keiner eigentlichen Zimmerung bedarf und keinen Druck ausübt, erreicht, wenn man dem Aushubsprofil in seinem Umfang eine Vergrößerung von 3 bis höchstens 6 Zoll gibt. In einem weicheren beweglichen Materiale kann diese Vergrößerung selbst bis zu mehr Fuß nothwendig werden, indem dann nicht nur Rücksicht genommen werden muß auf die eingebaute Zimmerung, sondern auch auf den Druck und Bewegung derselben. Die solideste Zimmerung wird durch den Druck nachgeben; und treten noch Fälle ein, daß einzelne Hölzer brechen und zerquetscht werden, oder die Unterlage, auf welche die ganze Zimmerung gebaut wird, nachgibt, so verkleinert sich das gegebene Profil immer mehr. Hat man dem Aushub in diesem Falle nicht eine entsprechende Ueberhöhung, welche dann in der oberen Decke immer mehr nöthig wird, gegeben, so kann das Profil so herabgedrückt werden, daß das Mauerwerk keinen Raum findet, und man in die unangenehme zeitraubende und sehr kostspielige Lage kömmt, das Profil nachträglich erweitern zu müssen. Allgemeine Regeln über die Größen der Ueberhöhungen lassen sich keine aufstellen, da diese immer von dem Materiale, von der Oertlichkeit, von der Bewegung, von der angewandten Zimmerung und anderen Zufälligkeiten abhängt. Es bleibt dieß immer die Aufgabe des Ingenieurs, diese Ein-

wirkungen zu beachten, und zu ſtudieren und darnach die nöthige Ueberhöhung von Fall zu Fall zu beſtimmen.

Als Beiſpiele für ſolche Ueberhöhungen des Aushubes mögen folgende Fälle dienen: Bei dem Bau des Blechynglei- und Saltwood-Tunnel der London Birminghamer-Bahn, deſſen Materiale in blauem Londoner Thon, Sand mit vielem Waſſer beſtand, war eine Ueberhöhung von 12 bis 14 Zoll in einzelnen Fällen unzureichend. Der Hoppengartner-Tunnel der Köln-Gießener-Bahn aus plaſtiſchem Thon und Thonſchiefer beſtehend, hatte eine Ueberhöhung von 18 Zoll als zu gering. Der Wibelskirchner Tunnel der Rhein-Nahebahn in gelben Mergelſchiefer bedurfte einer Erhöhung von wenigſtens 14 Zoll. Bei dem Semmeringer Haupttunnel in Quarz, Kalk, Mergel, Sand, wurden Ueberhöhungen bis zu 2 Fuß angewendet, und ſelbſt dieſe zeigten ſich einzeln noch zu gering. Der Tunnel 3 am Karſt in plaſtiſchem Thon mit viel Waſſer erhielt ſtellenweiſe Ueberhöhungen bis zu 4 Schuhen, welche ſich als kaum ausreichend bewieſen.

Die Urſachen, warum in dieſen angeführten Beiſpielen derartige größere Ueberhöhungen nicht ausreichten, dürften jedoch nicht allein in dem Druck und der Bewegung des Materiales geſucht werden, ſondern häufiger in dem fehlerhaft eingeleiteten Baubetrieb und der nicht fleißig und ſorgfältig genug eingebauten Zimmerung. Iſt nämlich der Vorbruch allzuweit vorgeſchritten, ſo daß der Tunnel geraume Zeit in ſeiner Holzzimmerung ſtehen muß, bis es möglich wird, mit dem Mauerwerk nachzukommen, ſo wird der Bewegung ein zu langer Zeitraum gegönnt, um ſich immer mehr zu äußern und den Druck zu vergrößern. Kömmt ferner noch der Umſtand hinzu, daß die Zimmerung nicht mit beſonderer Sorgfalt und Fleiße eingebaut wird, indem die einzelnen Holztheile nicht gut aneinander paſſen oder nicht in der ſenkrechten Ebene ſtehen, welches leider ſehr häufig der Fall iſt, ſo iſt immer eine ſehr bedeutende Veränderung des Aushubprofiles zu gewärtigen, welche dann eine unverhältnißmäßige Ueberhöhung oder eine Nachnahme des Aushubes zur Einbringung des Mauerwerkes zur Folge hat.

Wie früher erwähnt, kommen während des Aushubs eines Tunnels öfters Fälle vor, daß theils durch Ueberſprengung, theils durch Ablöſungen von einzelnen Felsblöcken oder Abrutſchungen im weichen Materiale über dem Tunnelprofil größere Räume entſtehen. Dieſe Räume müſſen jederzeit vorſichtig und ſorgfältig ausgefüllt oder mit Steinen ausgeſchlichtet werden, um noch größere Ablöſungen zu vermeiden. Häufig werden dieſe hohlen Räume

auch mit Holztrümmern von Pfosten oder Stempeln, oder anderen vegetabilischen Stoffen versetzt, welches aber unter keinen Verhältnissen anzuempfehlen ist, da dieselben in kurzer Zeit in Fäulniß gerathen, dadurch neuerlich hohle Räume verursachen und ihren Zweck nicht erfüllen. Dieser Ausfüllung ist dann ein besonderes Augenmerk zu widmen, wenn der Aushub verpfählt und verzimmert ist, indem eine Zimmerung viel eher im Stande sein wird, einen langsam fortdauernden Druck und Bewegung auszuhalten, als eine plötzliche Abrutschung des Materiales. Befinden sich nun hohle Räume hinter der Verpfählung, so wird diesen Abrutschungen auch ferner noch ein Moment des Falles gegeben, welches selbst ganze Einstürze zur Folge haben kann.

Wie man früher gesehen, beginnt und endet ein Tunnel immer mit offenen Einschnitten, deren Länge natürlich von der flacheren oder steileren Abdachung des Bergrückens, welche durchbrochen werden soll, abhängt.

Sind nun diese Einschnitte sehr lang, so wird die Angriffnahme der Tunnelarbeiten von den Eingängen oder Mundöffnungen sehr verzögert werden. Um diese Angriffsnahme zu beschleunigen, fährt man in den Tunnel durch die Anlage eines Mundschachtes ein. Diese Schächte sind am zweckmäßigsten parallelopipedisch so anzulegen, daß die Längenare desselben senkrecht steht auf die Bahnare, die hintere Wand in die Ebene des gegebenen Tunnelanfanges fällt, und die Länge desselben gleich ist der Breite des Einschnittes an der Sohle. Da jedoch durch den erschwerten Materialtransport die Kosten des Baues vergrößert werden, so wird es zweckmäßig sein, die Einschnittsarbeiten zu forciren, und diese nicht in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern bloß in einer geringeren Breite in Angriff zu nehmen, damit sobald als möglich die Materialförderung in den offenen Stollen eingeleitet werden kann.

Bei felsigem Material macht der Tunneleinbruch keine Schwierigkeiten und es kann derselbe ohne Anstand in seinem ganzen Profil vorgenommen werden; ist jedoch das Materiale ein bewegliches, so wird in den meisten Fällen der Einbruch vom offenen Einschnitt durch eintretende Rutschungen nicht nur sehr kostspielig, sondern auch verzögert, und es ist dann zu dessen Ermöglichung eine solide Abspreitzung der Einschnittswände nöthig. Die Bewegung des Materiales wird vergrößert werden, je breiter der Einschnitt ausgehoben und je größer das Profil ist, mit welchem man in den Tunnel einbricht, man wird daher vortheilhaft thun, den Einschnitt so schmal, als blos zur Förderung nöthig ist, auszuheben, in den Tunnel bloß mit einem Kopf- und Mittelstollen einzufahren, den-

ſelben ſo lange zu verlängern, bis man in eine größere Tiefe unter die Oberfläche gelangt iſt und dann erſt mit der Ausbreitung des ganzen Tunnelprofiles zu beginnen. Wenn ein Theil der Tunnellänge gegen Innen vollſtändig ausgemauert iſt, wird man dann mit Vortheil die Tunnelarbeiten nach Außen ſtreckenweiſe beginnen können.

Eine Anwendung dieſer Art des Einbruches findet man bei dem Bau des Tunnels 6 am Karſt zwiſchen Laibach und Trieſt. Obgleich das Materiale ziemlich feſt iſt, der Kreideformation angehörig, befand ſich doch am ſüdlichen Mundloch gerade eine Stelle, welche ganz zerbrochen, aus Gerölle, Erde und Sand zuſammengeſetzt war und daher gar keine Konſiſtenz hatte. Es wurde daſelbſt in den Tunnel mit einem Stollen von 6′ Breite und 8′ Höhe eingebrochen, derſelbe auf 8 Klaftern bis zum feſten Materiale fortgeſetzt und dann mit den Tunnelarbeiten begonnen. Nachdem der Tunnel eine beträchtliche Strecke eingewölbt war, wurde erſt von innen heraus der Stollen in drei Abtheilungen erweitert und zugleich ausgemauert, ohne die mindeſte Rutſchung des beweglichen Materiales herbeigeführt zu haben. Auf gleiche Art und mit gutem Erfolg wurde auch von dem Schachte 2 desſelben Tunnels, in welcher an ſeiner Sohle ein gleiches Neſt angefahren wurde, beiderſeits in den Tunnel eingebrochen.

Eine andere Art des Einbruches in einem derartigen Materiale iſt die Anwendung der früher erwähnten Mundſchächte. Ihre Abſpreitzung macht keine ſo großen Schwierigkeiten und man iſt in der Lage, leicht bei dem Einbruch unmittelbar die Tunnelarbeiten mit dem ganzen Profil beginnen zu können. Natürlich darf die Auflaſſung des Schachtes durch die Eröffnung des Einſchnittes erſt dann eintreten, wenn eine längere Strecke des Tunnels ausgemauert iſt. Leider iſt jedoch deren Anwendung nicht immer möglich, da dieſe einen längeren Einſchnitt bedingen; auch ſind hierbei die vermehrten Koſten durch den erſchwerten Transport und Aufſtellung der nöthigen Aufzugsvorrichtungen zu berückſichtigen.

d) Förderung.

Die Förderung bei dem Tunnelbau macht immer eine Hauptrubrik in den Koſten des ganzen Baues. Nicht dieſer Umſtand allein, ſondern auch daß die Förderung in dem beengten Raum eine größere Fläche einnimmt, und auf alle andern Arbeiten hindernd wirkt, macht es dieſelbe, ſo anſcheinend leicht und geringfüg deren Betrieb iſt, doch zu einem Haupt-

gegenstand des Baues, welcher nicht zu überseben, sondern besonders zu würdigen ist. Ein unzweckmäßiger unordentlicher Förderungsbetrieb kann die sämmtlichen Arbeiten in ein Stocken bringen, und bedeutende Mehrauslagen zur Folge haben.

Die Förderung im Tunnel beschäftiget sich nicht nur mit der Hinausschaffung der gelösten Berge, sondern auch mit der Herbeibringung der nöthigen Maurer- und Bölzungsmaterialien; und ein Ineinandergreifen der beiden Förderungen ist um so nöthiger, als dieselben gewöhnlich nur mit einerlei Mitteln und auf einer Bahn geschehen müssen. Die Mittel müssen in solcher Anzahl vorräthig sein, daß erstens die gelösten Berge sogleich beseitigt werden, damit sie sich nicht im Tunnelraum anhäufen, zweitens so viel Baumaterialien herbeigebracht werden können, damit die Maurer und Zimmerhäuer immer Beschäftigung finden.

Am zweckmäßigsten und gegenwärtig fast bei allen Bauten wird die Förderung eingeleitet mit Anwendung von provisorischen Eisenbahnen, welche mit dem Vorwärtsschreiten des Aushubes immer verlängert werden, so daß sie stets so nahe als möglich dem Auflabeort gerückt sind. Die Mittel, mit denen die verschiedenen Förderungen ausgeführt werden, sind bereits im ersten Abschnitt erwähnt und näher beleuchtet.

IV. Tunnelzimmerung.

a) Allgemeines.

Die Tunnelzimmerung gehört unstreitig zu dem wichtigeren Theile des Tunnelbaues, da nur mit Hilfe derselben man im Stande ist, das Gebirge zu durchbrechen und die hiebei ausgehobenen leeren Räume vor Einstürzen, welche oft unvermeidlich wären, zu bewahren. Die Wichtigkeit ihres Zweckes, die dabei erforderliche Geschicklichkeit und ihre Kostspieligkeit machen die Tunnelzimmerung zu einem Hauptgegenstande für den Tunnelbau.

Bei Bauten am Tage, wo Alles genau und ungestört beachtet werden kann, erfordert die Baukunst bei weitem nicht die Aufmerksamkeit und Mühe als in einem Tunnel, wo mit der Lampe jeder einzelne Theil gesucht werden muß, und die drohende Gefahr übersehen werden kann.

Auch in Betreff des Kostenvoranschlages kann man bei Tagbauten sicherer und näher der Ausführung gelangen, als bei den unterirdischen Bauten, da die Beschaffenheit des Terrains so vielen unvorhergesehenen Veränderungen unterworfen ist. Mit einem Worte: die Tunnelzimmerkunst hat mit weit größeren Hindernissen und Gefahren zu kämpfen, als die Zimmerkunst bei Tag, und es kann durch die kleinste Ungeschicklichkeit und Unvorsichtigung nicht nur von Seite des leitenden Ingenieurs, sondern jedes Zimmerhäuers der Ursprung zu bedeutenden Gefahren und sehr kostspieligen Nebenarbeiten gelegt werden.

Das Wissen des bauleitenden Ingenieurs darf sich bei diesen Bauten nicht allein auf die Theorie, auf die mathematischen Grundsätze über die Festigkeit der Hölzer ꝛc. beschränken, sondern demselben sind auch praktische Kenntnisse und gemachte Erfahrungen weit mehr nöthig als zur Leitung von Tagbauten.

Obgleich die Tunnelzimmerung nur einen integrirenden Theil des Tunnelbaues ausmacht, so hat diese doch eine solche Wichtigkeit, welche der Ingenieur nicht übersehen und als eine Nebenarbeit betrachten

soll, und jener, welcher mit der Leitung eines Tunnelbaues zum ersten Mal betraut wird, soll sich die ihm fehlenden praktischen Kenntnisse und Erfahrungen durch Studien von Beschreibungen ausgeführter Tunnelzimmerungen aneignen.

Die Last, welche die eingebauten Hölzer zu tragen haben, läßt sich nur in den seltensten Fällen berechnen und in Zahlen ausdrücken; meistens findet man sie nur sehr annäherungsweise. Man muß sich im Allgemeinen damit begnügen, genau zu beobachten, von welcher Seite der Druck ausgeübt wird und was dessen Ursache ist. Die Wahl der zu verwendenden nöthigen Holzstärken kann dann nur Gegenstand der Beurtheilung sein, welche bloß aus der Praxis geholt werden kann. Aus der Beobachtung der Bewegung wird man erkennen, welche Stellung und Lage die einzelnen Stempel und Bolzen erhalten müssen, damit sie die größte relative Festigkeit auszuhalten im Stande sind. Dieselben müssen immer rechtwinklig dem Drucke entgegengestellt und so gereiht werden, daß derselbe auf alle gleichmäßig vertheilt wird. Die geringste Neigung zur Seite schwächt den Widerstand, und die Last trachtet nunmehr dahin, nicht die relative, sondern die absolute Festigkeit des Holzes zu überwinden.

b) Holzgattungen.

Das Holz, welches man zur Zimmerung verwendet, besteht meistens aus runden, geschälten, oder höchstens auf zwei Seiten beschlagenen Hölzern. Bei der Auswahl desselben soll man sehr vorsichtig sein, und eher dessen Güte als dessen Billigkeit berücksichtigen. Anbrüchiges verstocktes oder schon gar in Fäulniß gerathenes Holz kann man gar nicht gebrauchen, weil es an den schadhaften Theilen den nöthigen Widerstand nicht mehr leisten kann. Ferner soll das Holz trocken, im Winter geschlagen sein, da schweres Holz die Transport- und Einbauungskosten bedeutend vergrößert und bei den oft nöthigen größeren Längen sehr unbequem zu handhaben ist. Das Holz soll endlich gerade gewachsen und so astlos als möglich sein, da beides zur Festigkeit desselben bedeutend beiträgt. Die Güte des Holzes ist an dem frischen Schnitt am besten zu erkennen; eine helle frische Farbe ist unumgänglich nöthig. Von einem Baume, der noch am Stamme steht, wird man erkennen, ob er gesund ist: beim Laubholz, wenn er ein kräftiges frisches üppiges Ansehen, regelmäßig dichte Kronen ohne blätterlose Zweige und ein lebhaft grünes ausgebildetes Laub hat, welches im Herbst spät abfällt. Ferner wenn er an seinem Wuchse eine sanfte Krümmung, nirgends auffallend abneh-

mende Dicke des Stammes, gleichfarbige Rinde und Abweſenheit von Mooſen, Flechten ꝛc. zeigt.

Bei Nadelhölzern: Schöner gerader Wuchs, gleichmäßige Vertheilung der Aeſte, Friſche der Nadeln, beſonders gegen die Krone, gänzliche Abweſenheit von Narben, Harzbeulen, Erhöhungen auf der Rinde, die zuweilen mit kleinen Reiſern beſetzt ſind.

Ein heller Klang, wenn der Baum auf der Südſeite an einer von der Rinde entblößten Stelle mit einem hölzernen Schlegel ſtark angeſchlagen wird, iſt immer bei allen Hölzern ein untrügliches Zeichen ſeiner Güte.

Die Nadelhölzer ſind für die Zimmerung die ſchicklichſten wegen ihrer eben erwähnten Eigenſchaften, ferner da ſie in mäßiger Länge der Stärke nach noch nicht ſo ſehr variiren und nicht zu ſtarke Aeſte haben, ſo daß man nach Länge und Stärke der daraus zu ſchneidenden Bauhölzer minder beſchränkt iſt, jeden beliebigen Theil daraus erhalten, und den Reſt immer noch mit Vortheil benützen kann. Ferner gehört ihre geringere Schwere unter die vorzüglichſten Eigenſchaften; ſie wachſen endlich überall und ſind deshalb am leichteſten zu erwerben.

Die genaue Kenntniß der beſondern Eigenſchaften einer jeden Holzart iſt von zu großer Wichtigkeit, als daß deſſen nähere Beſchreibung hier übergangen werden könnte:

1. Der Lärchenbaum iſt der anſehnlichſte und ſchönſte der Nadelhölzer, er hat kurze, dünne und ſchlanke Aeſte, die ſich gegen die Erde biegen, und welche mit kleinen Knoten beſetzt ſind, aus denen im Monat April die Nadeln hervorbrechen. Die Nadeln ſind einen Zoll lang, weich, hellgrün und fallen im Winter ab. Die Rinde iſt braunroth und riſſig, an jungen Trieben gelblich. Der Schnitt des Holzes iſt röthlichgelb. Nach Beſchaffenheit des Landes und des Klimas wird der Baum in einem Alter von 50 bis 60 Jahren 80 bis 120 Fuß hoch und am Stamm 2 Fuß im Durchmeſſer ſtark. Dieſe Holzart wächſt auf Bergen mittlerer Höhe, kömmt auch überall in unſeren ebenern Gegenden fort. Der Kubikfuß dieſes friſch geſchlagenen Holzes wiegt 41 Pfund, hält in Anſehung ſeiner Härte und Feſtigkeit das Mittel zwiſchen den weichen und harten Holzarten und dauert wegen ſeines Harzes ſehr lange.

Der Lärchenbaum wäre wegen ſeiner vorzüglichen Eigenſchaften das beſte Holz zur Tunnelzimmerung; doch wird es ſeines größeren Gewichtes und größeren Preiſes wegen weniger verwendet.

2. Die Kiefer oder Föhre hat lange geſtreckte Aeſte, welche

dem Baume eine breite anſehnliche Krone geben. Die Nadeln ſind die längſten der Nadelhölzer, ſind immer grün, fallen bloß mit zunehmendem Wachsthum der Aeſte ab und haben eine dunkle, düſtere, grüne Farbe. Die Rinde wechſelt mit der Beſchaffenheit des Bodens; im Allgemeinen iſt dieſelbe unten grau, in Schuppen aufgeriſſen, oben braungelb und glatt. Der Schnitt zeigt bei einem geſunden Baum einen weißen Splint, röthlich gelben Kern und iſt voll Harz und Kien. Steht der Baum nicht einzeln, ſondern geſchloſſen, ſo iſt er ſchlank und geradwüchſig und erreicht in hundert Jahren eine Höhe von 100 bis 120 Fuß, am Stocke einen Durchmeſſer von 3½ bis 5 Fuß, nach 70 bis 80 Jahren iſt der Baum ſchlagbar und gibt ſchon gutes Bau- und Werkholz. Wenn der Baum geſchlagen iſt, ſo muß er ſtets gleich geſchält werden, weil das Holz ſonſt leicht verſtockt. Der Kubikfuß friſchen Holzes wiegt 39 Pfd., hält in Anſehung ſeiner Feſtigkeit das Mittel zwiſchen dem Lärchen- und dem Tannenbaume und iſt in ganz Deutſchland ſehr gemein. Bei ſeinem geringeren Gewichte und dem häufigeren Vorkommen wird dieſes Holz bei Tunnelbauten ſehr viel verwendet.

3. Die Tanne, Weißtanne oder Edeltanne hat unter den Nadelhölzern die breiteſten Nadeln, welche im Winter nicht abfallen und glänzend dunkelgrün ſind. Die Rinde iſt in jedem Alter gleich weißlich oder aſchgrau und glatt. Das Holz iſt weiß, weich, nicht harzreich, leicht ſpaltig und ſehr elaſtiſch. Man findet dieſelbe auf allen kleineren und größeren Gebirgen; der Wuchs iſt immer ein ſchöner, gerader, ſchlanker und ſie erreicht die größte Höhe unter allen Nadelhölzern. In einem Alter von 300 Jahren erreicht der Baum eine Höhe bis zu 200 Fuß und einen Durchmeſſer am Stock von 7 Fuß. Nach 100 Jahren iſt derſelbe ſchlagbar und zu Bau- oder Brennholz tauglich. Der Kubikfuß wiegt 29½ Pfund; in Bezug ſeiner Feſtigkeit ſteht er der Föhre und dem Lerchenbaum bedeutend nach. In der freien Luft verdirbt und fault das Holz ſehr leicht. Aus dieſen Gründen eignet es ſich weniger zur Zimmerung und wird häufiger und vortheilhafter als Pfoſten und Bretter zur Verpfählung verwendet.

4. Die Rothtanne oder Fichte hat dichte, lang geſtreckte Aeſte, welche nach allen Seiten mit Nadeln umgeben ſind. Die Nadeln ſind ſpitzig und bleiben lebhaft grün. Die Farbe der Rinde iſt braunroth, die des Holzes weiß, mehr oder weniger in das Röthliche übergehend, der Kern iſt faſerig und harzig. Der Wuchs iſt gerade und der ganze Baum ein ſehr ſchöner. Er erreicht ein Alter bis zu 400 Jahren und

wird 100 bis 120 Fuß hoch, iſt jedoch mit 80 Jahren ſchon ſchlagbar. Der Kubikfuß wiegt 36 Pfund und die Feſtigkeit iſt im Splint und Kern eine verſchiedene. Zur Zimmerung wird dieſelbe ebenſo ſelten wie die Tanne, und mehr als Schnittwaare zu verſchiedenen Werkzeugen und Geräthſchaften verwendet.

Die Laubhölzer finden bei den Tunnelbauten nur in ſehr ſeltenen Fällen als Zimmerungsholz Anwendung, ausgenommen wo ſehr ſtarker Druck und Bewegung vorkömmt. Häufiger und mit mehr Vortheil werden ſie verwendet bei den Gewölbseinrüſtungen, wo ſie dann faſt immer im beſchlagenen Zuſtande vorkommen. Faſt ausſchließlich und mit beſonderem Nutzen gebraucht man dieſelben zur Anfertigung der nöthigen Werkzeuge und Förderungsmittel.

Unter den Laubhölzern ſind die vorzüglichſten folgende:

5. Die Steineiche oder Wintereiche; dieſe hat 3½ Zoll lange und 2½ Zoll breite Blätter, welche auf ⅛ Zoll langen Stielen ſitzen, im Winter abſterben und erſt im Frühjahr wieder friſch ausſchlagen. Ihre Eicheln treten in Büſcheln, in welche 3, 4 bis 5 Stück beiſammen ſtehen, auf, ſind klein und werden im Herbſte reif. Die Rinde der jungen Zweige iſt glatt und röthlichgrün, an den älteren rauchgrau, an alten Bäumen dunkelbraun, aufgeriſſen und über einen Zoll dick. Das Holz hat eine röthlichbraune Farbe, iſt ſehr feſt, die Faſern ſind oft gewunden und durch Knoten unterbrochen. Der Wuchs iſt gekrümmt und erhält eine Höhe von 74 bis 112 Fuß, am Stock eine Stärke von 2 bis 6½ Fuß. Sie erreicht ein Alter von 4 bis 500 Jahren und bleibt als Bauholz mehrere Hundert Jahre gut, nach 150 bis 200 Jahren hat ſie ihr Wachsthum erreicht und iſt ſchlagbar. Der Kubikſchuh friſch geſchlagenen Holzes wiegt 59 Pfund. Als Zimmerungsholz iſt dasſelbe wegen ſeiner Schwere, großen Sprödigkeit und wegen des bedeutenden Preiſes kaum verwendbar, und wird mehr zu Werkzeugen als Requiſiten gebraucht.

6. Die Stiel- oder Sommereiche unterſcheidet ſich von der früheren durch einen etwas geraderen Wuchs, iſt mehr zähe, läßt ſich leichter ſpalten und ſehr glatt und gut bearbeiten. Die Eicheln hängen an langen Stielen zu 2 bis 3 beiſammen. Die übrigen Eigenſchaften hat dieſelbe gleich mit der Steineiche, blos ihr Gewicht iſt geringer, der Kubikfuß wiegt 54 Pfunde. Dieſelbe wird vortheilhafter und häufiger, da ſie mehr Feſtigkeit bietet, zur Zimmernng verwendet, auch iſt ihre Erwerbung leichter, da ſie häufiger zu finden iſt.

7. Die Rothbuche hat ein ovales zugespitztes Laub von glänzend grüner Farbe, welches auf kurzen Stielen sitzt, im Herbst braun wird und zum Theil abfällt. Die Rinde ist fortwährend glatt, bei jungen Bäumen bräunlich, bei älteren aschfarbig. Das Holz ist weiß, später röthlichbraun, läßt sich leicht spalten und gut bearbeiten. Ihr Wuchs ist gerade, erreicht nach 120 Jahren eine Höhe von 74 bis 95 Fuß und eine Stärke von $1\frac{1}{8}$ bis $2\frac{2}{3}$ Fuß. Der Kubikfuß frischen Holzes wiegt 55 Pfund. Wegen des geringen Gewichtes und geringeren Preises wird die Rothbuche öfter zur Zimmerung verwendet, doch nicht immer mit besonderem Vortheil, da dieselbe zu spröde ist. Tauglicher ist diese zur Bearbeitung von Werkzeugen und Geräthschaften.

c) Grubenzimmerung.

Die Zimmerung unterirdischer Gänge bei Bergwerken, Grubenzimmerung genannt, welche bereits viele Jahre, bevor man begonnen hatte Tunnels zu bauen, bestanden hat, lehrt Regeln und Erfahrungen, welche um so schätzens- und beachtenswerther sein müssen, als ein Tunnel doch nichts anderes ist, als ein Bergwerksstollen von größererer Ausdehnung. Mit Hilfe dieser Erfahrungen und durch Vervollständigung einer solchen Grubenzimmerung der Art, daß sie dem größeren Profil eines Tunnels anpaßt, wird man dann im Stande sein, eine gute und rationelle Tunnelzimmerung zu schaffen, welche allen Anforderungen gewiß entsprechen wird.

Die Haupterfordernisse, welche in der Bergwerkskunde an eine gute solide Grubenzimmerung gestellt werden, und welche gewiß auch als eine Hauptbedingung einer soliden Tunnelzimmerung gelten, sind: erstens die Vertheilung der Hölzer so anzuordnen, daß dieselben der Richtung des Druckes stets entgegengestellt sind, und daß der Druck auf mehrere Punkte vertheilt wird. Zweitens alle einzelnen Theile der Zimmerung so anzulegen, daß, wenn dieselbe anfängt mangelbar zu werden und ausgewechselt werden muß, dieß so bewerkstelliget werden kann, daß bloß einzelne Theile und nicht die ganze Zimmerung herausgenommen werden könne. Endlich drittens, was besonders für die Tunnelzimmerung gilt, die einzelne Theile so an einander zu fügen, daß in einem Fall, wo dieselben wenig schadhaft wurden, diese leicht und ohne sie zu verschneiden, aus einander genommen, und wieder verwendet werden können; daher jede künstliche, komplicirte Ueberplattung, jede Anwendung von Zapfen und Löchern soviel als möglich zu vermeiden.

Je nach der Beſchaffenheit der Gebirgsart unterſcheidet man bei der Grubenzimmerung in Bergwerken:

die Firſtenzimmerung.
die Thürſtockzimmerung.
die Sparrenzimmerung.
die Getriebezimmerung.

Die Firſtenzimmerung findet ihre Anwendung in einem Materiale, in welchem bloß der Firſt feige iſt, die beiden Seitenwände jedoch feſt genug ſind, um ohne Zimmerung ſtehen zu können. Die Zeichnung 1 Tafel V. zeigt eine ſolche und beſteht bloß aus der Kappe und aus einer einfachen Verpfählung oder Verſchalung. Die Kappe wird mit dem einen Ende in das Bühnenloch eingehängt und mit dem andern Ende durch eine ſchiefe Ausflächung in das gegenüber gearbeitete Bühnenloch eingetrieben, ſodann mit der Verpfählung überlegt, und hinter derſelben die Zwiſchenräume mit kleinen Steinen feſt verkeilt, wodurch für die Zimmerung die nöthige Spannung erzielt wird.

Die Entfernung der Kappen von einander richtet ſich nach der Feſtigkeit des Gebirges und nach der Länge der Pfähle und kann variiren von der kleinſten Entfernung bis zur Länge eines ganzen im Handel gewöhnlich vorkommenden Brettes oder Pfoſtens. Hat das Gebirge eine ſolche Beſchaffenheit, daß es im Stande iſt, ſich längere Zeit zu erhalten, ſo wird die Zimmerung mit ganzen Brettern oder Pfoſten bewerkſtelliget und zwar erſt dann, wenn die nöthige Länge ausgearbeitet iſt. Es wird in dem Fall der Firſt mit den Pfählen verzogen, dieſe proviſoriſch mittelſt einer verlorenen Zimmerung gehalten, bis die Kappen eingehängt ſind.

In einem Stollen, deſſen Materiale eine ſolche Beſchaffenheit hat, daß außer dem Firſt auch die Wände feige ſind oder in welchem die Wände nicht im Stande ſind, die Kappen zu tragen, müſſen auch dieſe verzimmert werden und es entſteht die Thürſtockzimmerung, und zwar wenn bloß eine Wand feige iſt, die einfache; wenn beide, die doppelte Thürſtockzimmerung. Die Figuren 2, 3 und 4 Tafel V. zeigen dieſe beiden Zimmerungen.

Bei der einfachen Thürſtockzimmerung liegt die Kappe blos in einem Bühnenloch; das andere Ende wird durch eine Säule unterſtützt, an welche, wo es nöthig iſt, die Verſchalung ſich anlehnt. Bei der doppelten werden beide Enden der Kappen durch Säulen getragen. Um ein Gegeneinanderdrücken der Säulen zu verhüten, und

eine Spannung im ganzen Gespärre zu erzwecken, erhalten die Kappe und Säulen verschiedene Verbindungsarten, wie sie die Figuren 3, 4, 5 zeigen. Ist auch die Sohle des Stollens feige, daß ein Flüchtigwerden des Gespärres zu befürchten wäre, so müssen die beiden Säulen auf eine gemeinschaftliche Grundsohle gestellt werden. Wie bei der Firstenzimmerung ist auch hier die Entfernung der Gespärre von der Beschaffenheit des Gebirges abhängig. Damit die einzelnen Gespärre unter einander eine Spannung erhalten und ihnen die Möglichkeit benommen wird, aus ihrer Stellung zu kommen, werden sie durch Bolzen verbunden, welche in den Ecken so angebracht sind, daß die Köpfe der Bolzen zugleich die Säulen und Kappen fangen. Eine Hauptbedingung für die Solidität der Gespärre ist, daß die Säulen genau lothrecht stehen und daß das ganze Gespärre in eine Ebene fällt.

Würde bei einem Bau diese Zimmerung dem vorhandenen Druck nicht widerstehen können, indem die Kappen wegen des geringen Auflagers sich biegen und an demselben sich zu sehr einbeißen, so kann die Zimmerung dadurch verstärkt werden, daß in den Ecken mehrere Kappen durch Unterzüge gefangen werden, welche je nach Bedarf durch je zwei oder mehrere Hilfssäulen zu unterstützen sind. Die Hilfsstempeln oder Säulen kommen hart an die Hauptsäule zu stehen und haben die gemeinschaftliche Grundsohle zu ihrer Unterlage.

Eine andere Art der Thürstockzimmerung, welche man in Bergwerken sehr häufig dann findet, wenn das Gebirge sehr heftigen Druck ausübt, ist Figur 5. Indem die beiden Säulen in der Façade des Gespärres schief auseinanderstehen, kann die Kappe kürzer sein; der ganze Druck wird mehr vertheilt auf die einzelnen Theile, und das Gespärre hat dadurch, daß es sich einem Sprengwerke nähert, eine bedeutend größere Widerstandsfähigkeit.

Gebietet die Nothwendigkeit einen Stollen zu treiben, welcher verhältnißmäßig auch am First eine größere Breite hat, und Kappen von größeren Längen erfordert, so wird man selten mit der Thürstockzimmerung ausreichen, und es wird eine fernere Unterstützung der Kappen in der Mitte nöthig sein. Die Aufstellung von gewöhnlichen Mittelsäulen kann nicht Statt haben, indem durch diese der Stollen verbaut und die Kommunikation beengt oder unmöglich würde. In dem Fall wendet der Bergmann die Sparrenzimmerung an. Diese besteht darin, Figur 6 und 7, daß die Kappe durch zwei schief stehende Hölzer, Sparren genannt, in der Mitte so unterstützt wird, daß dieselben oben stumpf an

einanderſtoßen und unten in den Ecken des Stollens ihre Auflager finden, wodurch der mittlere Raum des Stollens frei bleibt, und der Druck auf zwei Punkte vertheilt iſt. Dieſes Sparrengeſtell wird häufig mit einem Unterzug in Verbindung gebracht, mittelſt welchem mehrere Kappen auf einmal gefangen werden, und das Sparrengeſtell dann nicht in jedem Geſpärre nöthig iſt.

Der größte Feind des Bergmannes für die Treibung eines Stollens iſt eine Gebirgsformation, welche gar keine Konſiſtenz hat, bei der kleinſten Entblößung maſſenweiſe in Bewegung geräth, oder mit Waſſer geſchwängert ſogar zu rinnen beginnt. Zu dieſer Formation gehören loſes Gerölle, Flugſand, mit Waſſer ſtark getränkter Letten, Schlamm, mit einem Worte das vom Bergmann genannte ſchwimmende Gebirge.

Daß ein ſolches Gebirge außer den Gefahren während der Bearbeitung auch noch den bedeutendſten Druck ausüben muß, bedarf wohl keiner weiteren Erklärung und es kann von einer bloßen Thürſtockzimmerung keine Rede mehr ſein. Der Umſtand, daß oft nicht ein Zoll Breite ohne einer Verpfählung und Unterſtützung ſich erhält, macht die Treibung eines Stollens zu den ſchwierigſten und gefährlichſten Bauten des Bergmannes. Die kleinſte Oeffnung in der Zimmerung, das geringſte Verſehen kann zu einer plötzlichen, zur gefährlichen Verſchüttung des Stollens Veranlaſſung geben, ſo daß der Arbeiter kaum Zeit gewinnt, ſich vor dem fließenden Materiale zu flüchten und zu retten. Man wird daher zur Erhaltung eines derartigen Stollens nicht nur die ſtärkſte Thürſtockzimmerung, etwa in Verbindung mit der Sparrenzimmerung anwenden müſſen, ſondern auch die Bruſt des Stollens, das Ort genannt, verbölzen und verzimmern müſſen; außerdem wird die Arbeit des Vorbringens ſelbſt eine ſehr komplizirte werden und es werden Mittel nothwendig werden, welche von denen im gewöhnlichen feſteren Materiale verſchieden ſind.

Zu dieſer Bearbeitung wurden bei den Bergwerksbauten verſchiedene Methoden angewendet und vorgeſchlagen, worunter jedoch die ſogenannte Getriebezimmerung die meiſte Beobachtung verdient, um ſo mehr, als dieſelbe allenthalben die glücklichſten Reſultate lieferte und für die Tunnelzimmerung die vorzüglichſte Anwendung findet. Die Getriebezimmerung beſteht im weſentlichſten darin, daß vor Beginn der Ausgrabung die Pfähle in das Materiale getrieben werden, der Raum durch dieſe früher begrenzt und geſichert iſt, und dann erſt die Ausgrabung begonnen wird.

Denke man ſich in einem Stollen, welcher in ſeinem ganzen Umfang verpfählt, am Ort die Verpfählung durch eine ſolide ſtarke Zimmerung gehalten, und das Ort ſelbſt mittelſt einer Bretter-Verſchalung und Anleghölzern vollkommen verbaut iſt, bei einem ſchwimmenden Gebirge angelegt; ſo wird man mit der Methode der Verpfählung oder beſſer Verſchalung, wie dieſe bisher beſchrieben iſt, nicht mehr ausreichen, und der Vorgang mit der Getriebezimmerung wird nun folgender ſein: Es werden vor allen andern die Köpfe der Pfähle, welche auf der letzten Kappe aufliegen, durch Keile ſo weit aufgetrieben, daß in der entſtandenen Pfändung (der Raum zwiſchen der Kappe und dem Pfahl) ein neuer Pfahl Platz findet, dasſelbe geſchieht auch an den beiden Wänden des Stollens. Um jedoch nicht jedem einzelnen Pfahl einen Pfandkeil geben zu müſſen, werden die ſämmtlichen in einer Ebene liegenden Pfähle durch ein Pfandblatt gehalten und dann durch zwei, höchſtens drei Keile die Pfändung bewirkt. Iſt dieſe Arbeit geſchehen, ſo werden nun die neuen Pfähle durch die Pfändung angeſteckt und in das Erdreich auf 6 bis 18 Zoll, je nach Beſchaffenheit des Gebirges getrieben.

Dieſe neuen Pfähle ſind an ihren Köpfen kantig zugehauen, damit ſie leichter in das Erdreich kriechen. Die Treibung der Pfähle geſchieht mit Hilfe eines Handfäuſtels, welchen man auf den Schwanz des Pfahles wirken läßt, wobei jedoch Acht zu haben iſt, daß der Pfahl keinen Schaden leidet und ſich nicht ſplittert oder ſpaltet. Es wird, wenn der Pfahl ſchwer kriecht, vortheilhaft ſein, auf denſelben mittelbar mit Hilfe eines Brettes zu ſchlagen, welches den Schwanz vor den unmittelbaren Schlägen des Fäuſtels ſchützt. Oefter werden auch die Köpfe der Pfähle beſchuht, wie die Spitze einer Pilote, nur werden dieſe Pfahlſchuhe, welche bloß aus zwei zu einer Kante zuſammengeſchweißten Eiſenſchienen beſtehen, nicht auf den Pfahl mittelſt Nägel oder Schrauben befeſtiget, ſondern blos einfach daran geſteckt, ſo daß man dieſelben, wenn der Pfahl nicht weiter getrieben werden kann, leicht entfernen und für den neuen Pfahl wieder verwenden kann. Befindet ſich die Arbeit auf dieſem Stand, wie ihn auch die Zeichnung 8 Tafel V. anzeigt, ſo wird mit der Ausgrabung begonnen, und zwar wird nach und nach vom Firſt herab das Brett der Ortverſchalung oder blos ein Theil desſelben gelüftet, dahinter das Erdreich auf die Länge, als die Pfähle getrieben ſind, ausgehöhlt und das neu entſtandene Ort ſogleich wieder verſchalt. Nachdem dieſe Ausgrabung auf die ganze Höhe des Ortes geſchehen und die Pfähle vorläufig durch eine verlorene Zimme-

rung, Figur 9 und 10 geſtützt ſind, werden neuerlich die Pfähle getrieben, die Ausgrabung bewerkſtelliget, und dieſe Arbeit ſo lange fortgeſetzt, bis der Pfahl ſein Ende erreicht hat, wo er dann mit der definitiven Zimmerung geſtützt wird, indem man das normale Geſpärre einbaut. Zur Fortſetzung werden wieder neue Pfähle angeſteckt und die Arbeit wiederholt ſich, wie eben beſchrieben.

Die Länge der Pfähle iſt entweder abhängig von der Entfernung der einzelnen Geſpärre oder umgekehrt, indem jedesmal der Kopf und der Schwanz des Pfahles durch Geſpärre unterſtützt ſind, und es wird z. B. bei einer lichten Entfernung der Geſpärre, welche Hauptgeſpärre heißen, von 3 Fuß, der Pfahl eine Länge von 5 Fuß haben müſſen.

Haben die Pfähle eine größere Länge oder wird der Druck des Gebirges ſo groß, daß die Entfernung der Hauptgeſpärre zu weit wäre, indem die Pfähle in der Mitte ſich durchſchlagen oder brechen, ſo werden zwiſchen die Hauptgeſpärre Hilfs- oder Nebengeſpärre von einer gleichen Konſtruktion eingezogen. Iſt der Druck und die Bewegung des Materiales die größte, ſo werden die einzelnen Geſpärre Mann an Mann geſtellt, das heißt die Geſpärre ſtehen hart an einander.

Bei dem Umſtand, daß der Pfahl mit ſeinem Schwanz unmittelbar auf der Kappe aufliegt, mit ſeinem Kopf durch den Pfahlkeil von der Kappe entfernt iſt, ferner dadurch, daß die einzelnen Kappen alle in einer gleichen Höhe entſprechend dem Gefäll des Stollens liegen müſſen, wird leicht erklärlich, daß der Pfahl unter einem beſtimmten Winkel nach aufwärts in das Materiale getrieben werden muß. Bei der Einbauung von Hülfsgeſpärren werden daher deren Kappen, wenn ſie unmittelbar den Pfahl fangen ſollen, höher hängen, als jene der Hauptgeſpäre, wodurch ſich auch in einem fertigen Bau, beſonders wo die Geſpärre Mann an Mann ſtehen und man von der Verpfählung nicht ſieht, dieſelben von einander unterſcheiden und erkennen laſſen.

Wenn das ſchwimmende Gebirge Flugſand oder Laken reichlich mit Waſſer vermiſcht iſt, folglich eine Maſſe, welche auch die kleinſte Oeffnung durchzubrechen im Stande iſt, ſo müſſen die Augen zwiſchen den Pfählen oder die kleinen Oeffnungen, welche oft unausweichbar ſind, ſorgfältig mit Werk, Hadern oder Stroh verſetzt werden, überdem wird es nöthig werden, in der Sohle des Stollens ebenſo wie am Firſt und an den Wänden die Pfähle zu treiben. Auch mit einer bloßen Verſchalung des Ortes des Stollens wird man in dieſem Falle nicht mehr ausreichen, ſondern

es müſſen Pfähle getrieben werden, wobei der Vorgang folgender iſt: Nachdem, wie die Zeichnung 11 Tafel V. zeigt, unmittelbar unter dem Firſt der Raum auf eine Pfoſtenbreite ausgehöhlt iſt, und der neue Ort auf die bekannte Art verſchalt iſt, werden die Pfähle von oben herab getrieben, vor denſelben das Material entfernt, der Bruſtbaum eingezogen, die neuen Pfähle angeſteckt und auf dieſe Art die Arbeit bis zur Sohle fortgeſetzt.

Die Schwierigkeiten der Arbeit und die Gefahren für die Arbeiter haben wohl in einem ſolchen Materiale ihr Maximum erreicht, und obgleich dieſe Fälle in Bergwerken nur ſelten vorkommen, ſo wurden ſie doch bei der beſchriebenen Getriebezimmerung mit ſehr gutem Erfolg und glücklich überwunden *), ja man kann nach den verſchiedenen Berichten über Bauten in dieſem Materiale und den verſchiedenen Methoden, welche angeſtellt wurden, annehmen: daß die Getriebezimmerung die einzige richtige Methode der Grubenzimmerung iſt, welche den Bau eines ſolchen Stollens möglich macht.

d) Tunnelzimmerung.

Die Tunnelzimmerung unterſcheidet ſich von der Grubenzimmerung dadurch, daß erſtens eine größere Fläche zur Auszimmerung kömmt, und zweitens daß dieſe Fläche kein Rechteck oder Trapez, ſondern immer eine runde oder ovale Form hat. Hält man dieſen Grundſatz aufrecht, ſo wird es nicht ſchwer ſein, durch Modifikation der verſchiedenen Arten der Grubenzimmerung eine entſprechende und brauchbare Tunnelzimmerung zu ſchaffen.

Die Anforderungen, welche man an eine gute Tunnel-Zimmerung ſtellt, ſind folgende:

1. Die ganze Zimmerung muß ſo beſchaffen ſein, daß es möglich iſt, in jedem vorkommenden Materiale mit derſelben fortarbeiten zu können.
2. Die Konſtruktion der einzelnen Geſpärre muß eine derartige ſein, daß man leicht die einfachſte Bölzung durch Hinzugabe von einzelnen Hölzern nach Belieben verſtärken — und umgekehrt, die ſtärkſte Bölzung durch Hinweglaſſung einzelner Hölzer, ohne daß das Geſpärre von ſeiner Spannung verliert, ſchwächen kann.
3. Die Anwendung der einzelnen Hölzer muß eine ſolche ſein, daß der größtmögliche Raum zwiſchen denſelben für eine ungehinderte Förderung bleibt.

*) Oberſchleſiſcher Bergmannskalender 1847.

4. Soll die Zimmerung mit den Aushubs- und Mauerungs-Arbeiten in einem ſolchen Einklang ſtehen, daß auch bei dieſen Arbeiten mit der zweckmäßigſten Art vorgegangen werden kann.

Betrachtet man die verſchiedenen Zimmerungen, mit denen die vielen Tunnelbauten ausgeführt werden, ſo wird man finden: daß, ſo verſchiedenartig die einzelnen inneren Unterſtützungen auch ſein mögen, die unmittelbare Verkleidung der Aushubsflächen, die Verpfählung alſo, ſich auf zwei Arten reduzirt, welche immer je zwei gleiche Prinzipien verfolgen. Man kann daher bei der Tunnelzimmerung zwei Methoden im Allgemeinen unterſcheiden:

1. Die Methode, bei welcher die Pfähle nach der Längenare des Tunnels getrieben werden: Zimmerung mittelſt Langpfählen.

2. Bei welcher die Pfähle ſenkrecht auf der Längenare ſtecken: Zimmerung mittelſt Querpfählen.

Die Zimmerung mittelſt Langpfählen beruht ausſchließlich auf den Prinzipien der Grubenzimmerung, deren Entwicklung und Vorgang folgender iſt: Denkt man ſich das ganze Tunnelprofil in eine obere und eine untere Hälfte getheilt und trennt dieſe beiden Hälften während der Arbeit von einander, das heißt: daß erſt der obere Theil vorgetrieben wird und der untere in einer gewiſſen Entfernung folgt, ſo iſt leicht einzuſehen: daß, während der obere Theil eine vollſtändige Zimmerung benöthigen wird, die Zimmerung des unteren Theiles eine bloße Fortſetzung und Ergänzung bilden wird. Iſt es daher gelungen, für den oberen Theil eine brauchbare Zimmerung zu konſtruiren, ſo wird es ſich blos darum handeln, im unteren Theile eine hinreichende Unterſtützung zu ſchaffen, welche mit einer Abbölzung der beiden Tunnelwände in Verbindung gebracht werden muß.

Betrachtet man vorläufig blos den oberen Theil, ſo wird in einem Material, welches keinen eigentlichen Druck oder Bewegung ausübt, ſondern wo die Decke blos vor Ablöſungen zu ſchützen iſt, eine Art Firſtenzimmerung erzweckt werden, wenn man die Kappe mittelſt zweier Sparren unterſtützt; dabei jedoch dieſe Sparren nicht wie bei der Grubenzimmerung in der Mitte der Kappe, ſondern an die Köpfe derſelben ſtellt, und zwiſchen dieſen eine ſolche Verbindung bewirkt, daß die Stirnflächen ſtumpf an einander ſtoßen. Erhalten dieſe Sparren zugleich eine ſolche Neigung, daß ſie die Kurve des Tunnelprofiles tangiren, wie Figur 12 Tafel V. zeigt, ſo hat man eine Konſtruktion geſchaffen, welche nicht nur unter ſich eine Spannung beſitzt und ſich ſelbſt trägt, ſondern

auch einem gewiſſen Druck zu widerſtehen im Stande iſt. Ein derartiges Geſtell, gebildet aus der Kappe und den Sparren, welche Hölzer auch die Poligonhölzer heißen, wird ein Sparrengeſtell genannt.

Bei der Grubenzimmerung iſt erörtert worden, daß in einem ſchwimmenden Gebirge, welches das ungünſtigſte Materiale zum Bau von unterirdiſchen Gängen repräſentirt, die ſicherſte und empfehlenswertheſte Methode die Getriebezimmerung iſt, ſo muß daher in Berückſichtigung des erſten Punktes der Anforderungen die Tunnelzimmerung ſo konſtruirt ſein, daß man jeden Augenblick im Stande ſei, die Arbeit mittelſt Triebbau fortzuſetzen.

Die Treibung der Pfähle nach der Länge des Tunnels, ſowie die Anordnung des Sparrengeſtelles, welches unmittelbar die Pfähle zu tragen hat, entſpricht vollkommen den Bedingungen der Getriebezimmerung und es darf daher ſchon aus dieſem Grunde die Art der Zimmerung mittelſt Langpfählen als eine vorzügliche empfohlen werden.

Mit dem ſchlechteren, beweglicher werdenden Zuſtand des Materiales wird natürlich auch die Möglichkeit abnehmen, daß dieſes einfache Sparrengeſtell dem Druck widerſtehen kann, und es tritt die Nothwendigkeit ein, die einzelnen Poligonhölzer zu unterſtützen. Der Druck auf die Poligonhölzer wird ſich nothwendig zuerſt entfernt von ihren Auflagern in der Mitte derſelben äußern, daher vor allem andern daſelbſt für eine Unterſtützung zu ſorgen iſt.

Nach den Regeln der Mechanik erreicht die Unterſtützung von Hölzern den größten Effekt, wenn dieſelbe ſenkrecht auf die Hölzer geſchieht, folglich muß die Unterſtützung der Kappe, welche immer horizontal hängt, eine lothrechte, die der Sparren, welche Tangenten der Tunnellinie ſind, eine centrale ſein. Aus der gleichen Urſache wie bei der Grubenzimmerung iſt auch hier eine Unterſtützung der Kappe in der Mitte mittelſt eines lothrechten Stempels unſtatthaft, da durch dieſen der Raum für die Förderung verbaut wird, und man könnte wie dort die Unterſtützung mittelſt zweier Sparren erzwecken; doch wäre auch dieſe Anordnung nicht zweckmäßig, da die Förderungsmittel eine größere Höhe beſitzen, und es nöthig iſt, den größtmöglichen Raum ohne der Feſtigkeit zu ſchaden, zu gewähren. Dieſer Zweck wird erreicht, wenn man die Auflager der Kappe dadurch einander näher bringt, daß man dieſelbe mittelſt zweier lothrechter Säulen unterſtützt, wie Figur 13 a zeigt.

Würde dieſe Unterſtützung des Sparrengeſtelles noch nicht dem Drucke widerſtehen können, ſo kann dieſelbe verſtärkt werden, indem man

dem Sparren noch zwei Centralſtreben gibt, an die Hauptſäulen Hilfsſäulen ſetzt, an welche ſich die Centralſtreben anlehnen und die Kappe in der Mitte mit zwei Spreitzen, welche ſich an die Hauptſäulen anſtemmen, unterfängt, wie Figur 13 b verſinnlichet. Alle dieſe Hölzer, die Säulen und Streben müſſen immer auf eine gemeinſchaftliche Schwelle, die Mittelſchwelle genannt, aufgeſtellt werden, um erſtens eine gehörige Verbindung mit dem folgenden Untergeſtell ermöglichen zu können, zweitens damit dieſelben im flüchtigen Materiale eine ſolide Unterlage haben.

Ein ſolches Geſpärre im oberen Theil des Tunnelprofiles, welches zur Unterſtützung des Sparrengeſtelles dient, nennt man ein oberes Bölzungsgeſtell.

Das auf dieſe Art konſtruirte Sparren- und Bölzungsgeſtell hat jedoch in der Praxis den Nachtheil, daß, indem das obere Tunnelprofil blos in drei Theile getheilt wird, dasſelbe zu ſehr von der Kurve entfernt und der nöthige Aushub bedeutend vergrößert wird, ferner die einzelnen Poligonhölzer größere Längen erhalten müſſen. Dieſer Nachtheil läßt ſich theilweiſe vermindern, indem man das Sparrengeſtell aus 5 Poligonhölzern konſtruirt, wie Figur 14 Tafel V. zeigt. Die beiden neu hinzugekommenen Poligonhölzer, die Füße genannt, ſtoßen mit den Sparren ebenfalls an ihren Stirnflächen ſtumpf an einander, wodurch wieder eine Spannung in dem ganzen Sparrengeſtell erzielt iſt, die eine gewiſſe Laſt zu tragen im Stande iſt.

Die Konſtruktion des innern Bölzungsgeſtelles beruht auf den gleichen Prinzipien, wie früher, und wird blos durch zwei oder mehr neue Centralſtreben ergänzt, welche die Füße zu ſtützen haben, nach Figur 15. Nachdem auf dieſe Art die obere Bölzungskonſtruktion gegenwärtig noch auf dem Gebirge aufſteht, kömmt es nun darauf an, bei Abgrabung des untern Tunnelprofiles eine gehörige ſolide Unterſtützung zu ſchaffen. Die einfachſte Art derſelben für ein Material, in welchem die Tunnelwände ohne Verzimmerung nicht nur ſich erhalten, ſondern auch ſo viel Feſtigkeit haben, die Füße des Sparrengeſtelles tragen zu können, beſteht blos aus zwei Säulen, die untern Bocksäulen genannt, welche mittelbar der Mittelſchwelle das obere Geſtelle tragen. Iſt das Materiale an der Sohle flüchtig, ſo ſtellt man dieſe erwähnten Bocksäulen auf eine gemeinſchaftliche Grundſchwelle. Eine Verſtärkung des untern Bockſtelles wird erzweckt, indem je zwei Bocksäulen hart an einander geſtellt werden. Wird eine Verzimmerung der Wände nothwendig, ſo geſchieht dieſe durch Aufſtellung von Anleg- oder Wand-

hölzern an den Wänden, welche mittelst Spreitzen gegen die Bockſäulen ſich ſpreitzen, wodurch zugleich die Fähigkeit vermehrt wird, daß die Wand das Sparrengeſtell tragen könne. Wäre jedoch das Material ſo flüchtig, daß dieſe Anordnung nicht hinreichen und das Sparrengeſtell dennoch bedeutend in das Material ſich eindrücken würde, ſo unterfängt man dasſelbe mit den Anleghölzern, indem der Stirnflächen der Füße unmittelbar auf den Stirnflächen der Anleghölzer aufgeſtellt werden. Figur 16 a und b.

Bei der Aufſtellung des innern Bölzungsgeſtelles muß vorzüglich darauf geſehen werden, daß das ganze Geſtell in einer vollkommenen Ebene liegt, welche ſenkrecht auf der Tunnelaxe ſteht, da nur dadurch die größtmögliche Stabilität und Widerſtandsfähigkeit erzielt wird. Die einzelnen Theile derſelben, welche bloß ſtumpf an einander ſtoßen, werden mittelſt eiſerner Klammern an einander gehalten, und ſo zu einem Ganzen verbunden.

Die Entfernung der einzelnen Geſpärre iſt abhängig von der Beſchaffenheit des Gebirges; je mehr Druck und Bewegung ein Gebirge ausübt, deſto näher müſſen dieſelben an einander gerückt ſein. Die Stabilität der Geſpärre wird vergrößert, indem ſie durch Bolzen mit einander verbunden werden, welche am zweckmäßigſten in den Verſchneidungspunkten ſo angebracht ſind, daß ein Bolzen mit ſeinen Köpfen je zwei Hölzer faßt.

Eine viel entſprechendere Verbindung der einzelnen Geſpärre wird erreicht, wenn man die Zimmerung zu einem ganzen fortlaufenden Bau vereiniget, und zwar wird dieß durch die Anwendung von Unterzügen erzielt. Die Unterzüge bilden ein Mittel zwiſchen dem Sparrengeſtell und dem innern Bölzungsgeſtell und ſollten bei gar keinem Bau fehlen. Sie werden unmittelbar unter die Poligonhölzer aufgehängt und mittelſt dieſer die Sparrengeſtelle von den Bölzungsgeſtellen getragen.

Ein fernerer ſehr großer Vortheil der Unterzüge iſt, daß nicht jedes Sparrengeſtell ein Bölzungsgeſtell bedingt; es können die Sparrengeſtelle näher an einander gerückt und bloß das zweite oder dritte unterſtützt werden, ohne daß der Bau an ſeiner Feſtigkeit, Solidität verliert, wodurch der Tunnelraum ſo wenig als möglich beſchränkt und eine bedeutende Holzerſparniß erzielt wird.

Eine Verſtärkung des ganzen Baues kann erzweckt werden, indem ſowohl ganze Hilfsſparrengeſtelle, als auch Hilfsbölzungsgeſtelle nachträglich leicht eingezogen werden können. Eben ſo einfach iſt es möglich, wenn man aus einem ſchlechteren in ein feſteres Materiale kömmt, die Zimmerung zu ſchwächen, ohne daß an dem Bölzungsſyſtem, an der Art

des Bauvorganges, sowohl für den Aushub als auch für die Mauerung eine Aenderung oder die geringste Störung eintreten muß.

Mit dieser Bölzungsmethode läßt sich sowohl für den Aushub als auch für die Mauerung ein Bauvorgang einleiten, welcher allen Anforderungen entspricht, da es möglich ist das ganze Tunnelprofil auszuheben und dort, wo ein Sohlengewölbe nöthig ist, mit diesem die Mauerung zu beginnen. Der Detailvorgang, auf welche Art die Zimmerung mit dem Aushub fortschreitet, ist folgender:

Der Kopfstollen, welcher vorgetrieben wird, erhält eine Breite gleich der Länge der Kappe und eine Höhe, daß ein Mann darin aufrecht zu gehen im Stande ist, und wird am First des Tunnelprofiles so getrieben, daß die Kappen des Stollens die Kappen des ganzen Sparrengestelles bilden. Diese Kappen werden vorläufig durch provisorische Säulen und wenn eine Anzahl Kappen aufgehängt sind, mittelst der beiden Unterzüge und provisorischen Säulen unterstützt. Sobald dieser Kopfstollen eine Strecke weit vorgetrieben, werden anstoßend an demselben rechts und links zwei neue Stollen getrieben, oder der Kopfstollen so erweitert, daß die beiden Sparren aufgehängt werden können. Endlich wird derselbe rechts und links nochmals zur Aufhängung der beiden Füße erweitert. Die Sparren sowohl als auch die Füße werden zuerst einfach durch Streben, dann wie bei der Kappe, je nachdem eine Reihe von Sparren oder Füßen hängt, diese mit den Unterzügen und provisorischen Säulen und Streben unterstützt. Die Treibung dieser Stollen, deren einzelne Hölzer zusammen das Sparrengestell des Tunnels bilden, geschieht von einander ganz unabhängig und zwar wiederholt sich bei allen die Getriebezimmerung, wie diese bei der Grubenzimmerung beschrieben wurde. Nachdem auf diese Art das ganze Sparrengestell aufgehängt und die Tunnelwölbung geschützt ist, wird mit der Abräumung des Kernes zwischen denselben begonnen. Diese Abräumung geschieht bloß bis auf die Tiefe, in welcher die Mittelschwellen zu liegen kommen, und zwar auf eine solche Art, daß die provisorischen Säulen und Streben immer ausgewechselt werden, bis man den Raum erlangt hat, in welchem die definitiven Hölzer des obern Bölzungsgestelles Platz finden.

Die Ausgrabung des untern Tunnelprofiles zur Aufstellung des Untergestelles geschieht aus der Mitte des Tunnels unmittelbar unter den Mittelschwellen, indem diese nach und nach durch provisorische und endlich durch die definitiven Bocksäulen unterstützt werden, worauf sodann die Erweiterung rechts und links bis zur Tunnelwand erfolgt. Ist es nöthig,

die Abtreibung der Wände mit Getriebebau zu bewerkſtelligen, ſo können die Pfähle daſelbſt entweder der Länge des Tunnels nach oder auch von oben herab ſo wie bei dem Grubenbau der Triebbau an den Ort des Stollens getrieben werden. Die Figuren 16, Tafel V. verſinnlichen den Bauvorgang ſammt der Bölzung einer ſolchen beſchriebenen Zimmerungsmethode ausführlicher.

Obgleich das beſchriebene innere Bölzungsgeſtell, welches die meiſte Anwendung bisher in Oeſterreich gefunden hat, ſehr viele beachtenswerthe Vorzüge hat, und den ausgeſprochenen Anforderungen am meiſten entſpricht, ſo hat es dennoch den ſehr weſentlichen Nachtheil, daß das Sparrengeſtell, indem es mit ſeinen Füßen unmittelbar oder höchſtens mit ſehr kurzen Fußpfählen auf dem Terrain aufſteht, bei der geringſten Nachgiebigkeit dieſes Terrains eine größere Setzung zur Folge hat. Betrachtet man die einzelnen Bauten, welche mittelſt dieſer Zimmerung ausgeführt wurden z. B. am Semmeringer Haupttunnel, bei den Tunnels Nr. 3 und 4 am Karſt, ſo findet man dieſen Nachtheil in der That beſtätiget, indem das Sparrengeſtell, ohne daß das innere Bölzungsgeſtell im (Verhältniß) Verdrückungen erlitten hätte, ſehr bedeutend herabgedrückt war, und große Ueberhöhungen um das Gewölbmauerwerk einſpannen zu können, nöthig machte. Dieſe Setzungen konnten nothwendig nur während der Zeit eintreten, als das Sparrengeſtell noch proviſoriſch auf dem mittleren Kern zwiſchen demſelben geſtützt war.

Dieſer Nachtheil läßt ſich jedoch beſeitigen, wenn man die Füße des Sparrengeſtelles auf eine Art Verlängerung der Mittelſchwelle aufſtellt, und folgender Baubetrieb für den Aushub eingeleitet wird. Der Kopfſtollen a Figur 1, Tafel IV. muß gleich bei ſeiner Anlage eine ſolche Höhe erhalten, daß es möglich iſt, die Kappe mit den definitiven Säulen zu unterſtützen und dieſe auf die Mittelſchwelle aufzuſtellen. Nachdem derſelbe eine Strecke vorgetrieben iſt, wird beiderſeits ſo viel Raum b ausgehoben, um den Sparren mit ſeiner definitiven Unterſtützung einbauen zu können, und endlich wird in einer dritten Abtheilung zu beiden Seiten der Raum c für die Füße ausgehoben. Die Füße können dann anſtandslos auf die erwähnten Schwellen, die Fußſchwellen genannt, aufgeſtellt werden. Dieſe Fußſchwellen liegen einerſeits auf den Köpfen der Mittelſchwelle mit ihren andern Enden in Bühnenlöchern, welche hinter den Füßen ausgehoben ſind.

Das Untergeſtell und der Baubetrieb bleibt der gleiche wie bei dem früheren Bölzungsgeſtell, jedoch iſt eine Hauptbedingung, daß die

beiden Fußſchwellen ſo nahe den Füßen als möglich mit Säulen zu unterſtützen ſind, welche zugleich bei flüchtigem Materiale der Wände als Anlegſäulen für die Verpfählung dienen können.

Eine fernere Art von innerem Bölzungsgeſtelle, welches in Oeſterreich mit Anwendung des Mittelkörpers gebraucht wird, jedoch ebenſo leicht und mit größerem Vortheil ohne dieſes in Ausführung gebracht werden kann, zeigt die Figur 3, Tafel IV. Der Bauvorgang erklärt ſich leicht aus den früher beſchriebenen, ſowie aus der Straffirung der Flächen der Zeichnung.

Obgleich dieſes Bölzungsgeſtell den Vorzug hat, daß das Sparrengeſtell auf Fußſchwellen aufruht, ſo iſt doch die Unterſtützung in den Iren, alſo in den ſtärkſten Theil desſelben eine unzweckmäßige, da die ſchwächſten Theile, die Mitten der Poligonhölzer, ohne Unterſtützung und dadurch viel eher dem Brechen oder Schadhaftwerden ausgeſetzt ſind.

Dieſe beſchriebenen Bölzungsgeſtelle werden häufig in Verbindung gebracht mit der Anwendung des Mittelkörpers, indem dieſer die Unterſtützung für das obere Bölzungsgeſtell bilden ſoll. Figur 2, Tafel IV. In dieſem Fall werden, ſobald der obere Raum ausgehoben und verzimmert iſt, an beiden Tunnelwänden entweder in zwei Etagen oder gleich auf die ganze Höhe der Wände je vier oder je zwei Seitenſtollen getrieben und die Wände gegen den Mittelkörper mittelſt Anleghölzer und horizontalen Streben geſpreitzt. Iſt das Materiale flüchtig, ſo müſſen dann auch die Wände des Mittelkörpers verpfählt werden, wodurch derſelbe zugleich eine Konſiſtenz und gewiſſe Feſtigkeit erhält, um das obere Bölzungsgeſtell tragen und dem Druck widerſtehen zu können.

Dieſe Verpfählung und Zimmerung des Mittelkörpers geſchieht gewöhnlich ſo, daß die Pfähle der Länge des Tunnels nach getrieben und dieſe mittelſt ſenkrechter Säulen gehalten werden, welche unmittelbar unter die Mittelſchwellen des oberen Geſpärres zu ſtehen kommen und mittelſt horizontaler Streben ſich gegen die Wandſäulen oder Anleghölzer ſpreitzen. Durch dieſe Anordnung erhält zugleich das obere Bölzungsgeſtell, da es unmittelbar auf den beiden erwähnten Säulen aufſteht, eine viel ſolidere und feſtere Unterſtützung als ihm der flüchtige Mittelkörper zu geben im Stande wäre, und der Zweck desſelben iſt in einem beweglichen Materiale ein blos ſcheinbarer geworden.

Die Nachtheile ſowie die unglücklichen Erfahrungen der Anwendung des Mittelkörpers bei dem Tunnelbau ſind im vorigen Abſchnitt genugſam erörtert.

Die zweite Methode der Zimmerung bei Tunnelbauten, die Zimmerung mittelst Querpfählen, welche vielfache Anwendung findet, unterscheidet sich von der eben beschriebenen im Allgemeinen dadurch, daß die Pfähle nicht nach der Länge des Tunnels, sondern senkrecht auf diese getrieben werden, und daher auch dadurch, daß die Hölzer, welche unmittelbar diese Pfähle zu tragen haben, nach der Länge des Tunnels gehängt werden müssen. Diese Langhölzer, Kronenbalken oder Jöcher genannt, erhalten alle eine gleiche Länge, sind über der äußern Linie des Tunnelprofiles in bestimmten von den Terrainbeschaffenheiten abhängigen Entfernungen aufgehängt, und werden von dem innern Bölzungsgestell getragen.

Das innere Bölzungsgestell, Figur 17, a Tafel V, besteht im oberen Tunnelprofil aus einer Hauptschwelle und aus Säulen oder Centralstreben, welche die Unterstützung der Kronenbalken bilden und auf der Mittelschwelle aufstehen; im untern Tunnelprofil aus lothrechten entweder unmittelbar auf dem Terrain oder auf einer gemeinschaftlichen Grundschwelle stehenden Säulen, welche durch die Mittelschwelle das obere Bölzungsgestell tragen und zugleich der Verpfählung der Wände durch horizontale Streben als Stütze dienen müssen.

Die Haupt- oder Mittelschwellen haben eine solche Länge, daß sie über die ganze Tunnelbreite reichen und beiderseits in Bühnenlöchern liegen können. Da jedoch diese Längen sehr schwer zu handhaben, öfter selbst nicht möglich einzubauen wären, so werden sie aus zwei Theilen gemacht, die einfach überplattet und mittelst eiserner Schrauben und Ringe an einander gehalten sind.

Oefter wird auch, wenn das Materiale einen sehr großen Druck ausübt, um in kleineren Etagen und mit kürzeren Holzlängen arbeiten zu können, das innere Bölzungsgestell aus zwei Mittelschwellen, wie Figur 17 b zeigt, konstruirt, welche ebenfalls beiderseits des Tunnelprofiles in Bühnenlöchern liegen. Daß bei einer solchen Konstruktion, aus so vielen Theilen bestehend, es ganz besonders für die Stabilität nöthig sein muß, daß das ganze Gespärre genau in einer senkrechten Ebene gebaut wird, bedarf wohl keiner weitern Erwähnung. Um jedoch diese Stabilität zu vermehren, müssen stets die Mittelschwellen mit wenigstens je vier Schubspreitzen gespreitzt werden, welche von denselben divergirend auf der Tunnelsohle stehen und so einer Bewegung der Mittelschwellen nach der Länge des Tunnels entgegenwirken.

Da in der Regel bloß bei jedem Zusammenstoß der Kronenbalken

ein Geſpärre aufgeſtellt wird, damit es ſowohl die früheren als auch die nachfolgenden Kronenbalken unterfangen kann, ſo iſt die Entfernung der Bölzungsgeſtelle von der Länge derſelben, welche gewöhnlich 9 bis 15 Fuß beträgt, abhängig. Genügt eine ſolche Geſpärrsentfernung nicht, indem die Kronbalken bei dieſen Längen ſich bald durchſchlagen, ſo werden zwiſchen dieſen Hauptgeſtellen je nach Bedarf zwei oder mehr Hilfsgeſpärre von der gleichen Konſtruktion eingebaut, welche dann durch horizontale Bolzen unter einander verbunden werden.

Der Bauvorgang mit dieſer Zimmerungsmethode iſt folgender: Der Kopfſtollen, mit dem der Aushub beginnt, erhält eine gewöhnliche Grubenzimmerung, beſtehend aus der Länge des Tunnels nach getriebenen Pfählen, Kappen und Säulen, wobei derſelbe in einer ſolchen Höhe anzulegen iſt, daß die Kappe zugleich den Firſt des Tunnelprofiles bildet. Er bekömmt eine Breite von 4 bis 6 Fuß und eine Höhe, welche jener der Kappe bis zur Mittelſchwelle des künftigen Bölzungsgeſtelles entſpricht. Nachdem der Kopfſtollen auf eine oder mehr Kronenbalkenlängen vorgetrieben iſt, wird derſelbe an beiden Wänden erweitert, indem unmittelbar neben die Köpfe der Kappen die erſten Kronenbalken zu hängen kommen, hinter dieſen die Pfähle nach der Tunnelprofilslinie angeſteckt werden, dann das Gebirge vom Firſt abwärts gelöſt und der zweite Kronenbalken eingezogen wird. Dieſe Arbeit wiederholt ſich ſo lange, bis man auf die Tiefe, in welcher die Mittelſchwelle zu liegen kömmt, gelangt, während welcher Zeit die Kronenbalken vorläufig mit proviſoriſchen Säulen und Streben unterſtützt werden. Sobald dieſe Tiefe auf die ganze Breite des Tunnelprofiles erreicht iſt, werden die beiderſeitigen Bühnenlöcher ausgehoben, die Mittelſchwellen eingezogen und die Kronenbalken mit ihren definitiven Säulen und Streben unterfangen. Während der Ausgrabung der untern Etage des Tunnelprofiles geſchieht die Unterſtützung der Mittelſchwellen proviſoriſch, bis es möglich wird die definitiven Säulen aufzuſtellen. Iſt es nöthig die Wände zu verpfählen und zu verſichern, ſo erzweckt man dieß mittelſt der Fortſetzung der Treibung der Pfähle von oben herab und der Kronenbalken, welche ſich dann gegen die Säulen mit horizontalen Streben ſpreitzen.

Die einzelnen Kronenbalken werden in ihren gehörigen Entfernungen und Lagen durch Bolzen erhalten. Die Figuren 12 bis 20 der Tafel VI, welche den Bau des Blechingley-Tunnels in England darſtellen, erklären den Bauvorgang deutlicher.

Bei dem Umſtande, daß die Köpfe der Kronenbalken nicht ſtumpf

an einander ſtoßen, ſondern die Enden ſich übergreifen, ferner wenn der Fortſchritt ſo eingeleitet wird, daß die Mauerung unmittelbar der Zimmerung folgt und nicht mehr als eine Kronenbalkenlänge ausgehoben und verzimmert iſt, werden die Kronenbalken mit einem Ende immer auf die Mauerung zu liegen kommen, und blos das andere Ende, wenn keine Mittelgeſpärre bedingt ſind, ein Bölzungsgeſtell nöthig machen, wodurch ein bedeutendes Holzerſparniß erzielt werden kann.

Obgleich bei dieſer beſchriebenen Zimmerungsmethode die Verpfählung der Tunnelwölbung mit kurzen Pfählen, die ſich ſelbſt übergreifen, geſchieht, ſo kann doch von einer Getriebezimmerung keine Rede ſein; denn es läßt ſich der Pfahl hinter dem erſten Kronenbalken zwar horizontal oder unter einem Winkel aufwärts treiben, aber niemals unter einem Winkel abwärts. Es iſt daher eine Treibung des Pfahles in das Materiale in der Richtung des Tunnelumfanges, um unter demſelben das Materiale gewinnen zu können, unmöglich. Derſelbe Fall tritt auch bei dem zweiten und dritten Kronenbalken mit einem Wort ſo lange ein, bis die Umfangslinie an den Wänden ſich mehr einer ſenkrechten nähert. Der Vorgang der Verpfählung bei dieſer Zimmerungsmethode als der einzig mögliche iſt dann folgender: Wenn ein Kronenbalken im Firſt aufgehängt iſt, ſo muß früher für den nächſten der nöthige Raum ausgehoben werden und iſt dieſer an ſeinem Ort gebracht, ſo werden die Pfähle dann erſt hinter den beiden ſeitlich eingeſchoben.

Bei dem Umſtande nun, daß immer eine Länge gleich jener eines Kronenbalkens auf einmal ausgehoben werden muß, wird, ſelbſt wenn man die Entfernung der Kronenbalken am kürzeſten machen würde, eine verhältnißmäßig große Aushubsfläche durch einige Zeit ohne Verpfählung ſtehen müſſen. Es iſt daher leicht einzuſehen, daß dieſe Methode in einem ſehr beweglichen oder gar ſchwimmenden Gebirge nicht ausführbar iſt, und es kann dieſer Umſtand nur als ein weſentlicher Nachtheil dieſer Zimmerungsmethode betrachtet werden. Als Beiſpiel für dieſen Nachtheil diene der Bau durch den Einſturz des Bildſtocktunnels der Saarbrücker Eiſenbahn (ſiehe rückwärts in der Beſchreibung desſelben). Da man von dem Syſtem der Kronenbalken nicht abgehen wollte, war es nicht anders möglich, als die Tunnelprofilslinie zu verlaſſen, und den Firſt auf die Breite des Tunnels horizontal zu machen, um die Pfähle nach der Getriebezimmerung treiben und in dem loſen Material die Arbeit fortſetzen zu können.

Ein anderer Nachtheil iſt der, daß in dem innern Bölzungsgeſtell

die Unterſtützungsſäulen und Streben der Kronenbalken unter einem ſchiefen Winkel gegen den Druck, welchen ſie zu erleiden haben, ſtehen, indem ſchon bei geringem Druck ein Umkanten der Kronenbalken dadurch unvermeidlich iſt und eine Bewegung im ganzen Bölzungsgeſtell zur Folge hat. Ein fernerer Nachtheil beſteht endlich noch darin, daß es auch dem zweiten anfangs angeführten Punkte der Anforderungen an eine gute Zimmerung nicht entſpricht, indem, wenn die Anzahl der Kronenbalken beſtimmt und aufgehängt iſt, das innere Bölzungsgeſtell, ob der Druck ein größerer oder geringerer iſt, immer gleich viel Holz benöthiget und keinen der einzelnen Theile entbehrlich macht. Obgleich dieſe Zimmerungsmethode bei den Tunnelbauten vorzüglich in Deutſchland, Schweiz und England noch gegenwärtig häufige Anwendung findet, ſo kann demungeachtet nach den erwähnten Nachtheilen dieſe nicht als eine zweckmäßige, den Anforderungen entſprechende angeſehen und empfohlen werden.

Eine geringe Aenderung erleidet dieſe Zimmerungsmethode, wenn dieſelbe mit den Bau mittelſt des Mittelkörpers in Einklang gebracht wird, wobei jedoch die früher beſchriebenen Nachtheile ſich noch um jenen weſentlichen des Mittelkörpers vermehren. Bei dieſer Methode bleibt die Zimmerung und Vorgang im oberen Tunnelprofil derſelben wie früher, bloß im untern Profil bildet der Mittelkörper ſtatt der Säulen die Unterſtützung, indem die Mittelſchwelle unmittelbar am Mittelkörper aufliegt.

Die Wahl der Hölzer bei allen den beſchriebenen Zimmerungsmethoden, ob dieſelben im runden oder im behauenen Zuſtande zu verwenden ſind, iſt einfach und es kann hiefür folgende allgemeine Regel aufgeſtellt werden:

Alle tragenden Hölzer ſind im runden Zuſtande und alle getragenen ſo wie jene, welche als Unterlage für die tragenden dienen, ſind im behauenen Zuſtande zu verwenden. Zu den erſteren zählt man alle Säulen, Stempel, Streben, Spreitzen und Bolzen, zu den zweiten die Kappen, Sparren, Füße, Kronenbalken, Anleghölzer, Unterzüge und alle Arten Schwellen. Das Behauen der Hölzer für die Tunnelzimmerung iſt nicht auf vier Seiten nöthig, indem das Holz zu ſehr geſchwächt wird und doch keinen Zweck hätte, ſondern beſchränkt ſich bloß auf ein Beſchlagen von zwei Seiten, welche unmittelbar in Berührung kommen mit den übrigen Hölzern und der Verpfählung, um denſelben ein breiteres und ſolideres Auflager zu geben.

Die Stärke der Hölzer läßt ſich nicht mit Genauigkeit angeben, und es

bleibt jederzeit eine Erfahrungsſache für den vorhandenen Druck die nöthige Stärke zu wählen. Im Allgemeinen können folgende angenommen werden:

Polygonhölzer, Anleghölzer, Kronenbalken, Unterzüge $^{8}/_{9}$ bis $^{12}/_{14}$ zöllig
Bockſäulen . . . . . 12 bis 24 Zoll rund
Spreitzen-Streben . . . . . 10 bis 16 Zoll
Bolzen . . . . . 6 bis 10 Zoll
Schwellen . . . . . $^{10}/_{12}$ bis $^{18}/_{24}$ zöllig.

Die einzelnen Geſpärre vorzüglich jene für die Zimmerungsarten mittelſt Langpfählen werden außer dem Tunnel auf einem angelegten Zimmerboden gehörig abgebunden und die einzelnen Theile bezeichnet, um dieſelben bei ihrer Verwendung und Aufſtellung ſchneller und richtiger aus einander ſcheiden zu können. Zur Beurtheilung der Quantität, ſowohl des Holzmateriales als auch des Eiſens, welche zur Auszimmerung eines Tunnelbaues nöthig ſind, dient nachfolgende Zuſammenſtellung mehrerer ausgeführter Bauten, bei denen es möglich war, aus den Rechnungen und gemachten Beobachtungen dieſe Angaben zu konſtatiren.

Zuſammen-

der verwendeten Material-Quantitäten für die Zim-

Name des Tunnels und der Eiſenbahn.	Gebirgs-Art.	Tunnel.				
		Ringe.	Rundholz.	Behauenes Holz.	Verpfählung.	Eiſen.
		Kub.-Kl.	Kubik-Fuß.		□K.	Pfund.
Trieſter, Wien-Trieſter.	Thonhalt. harter Sandſtein, etwas Waſſer..	123.00	134354		2102	4695
Brittof Nr. 1, „	Harter Kalkſtein und Sandſtein.....	221 06	30504	30028	3247	3765
Zebie Nr. 2, „	Harter Kalkſtein und Sandſtein.....	273.69	49817	49272	4610	5433
Ober-Leſece Nr. 3, „	Thonh. Sandſtein, Mergel, viel Waſſer....	177.47	110049	85151	3237	8370
Vuje Nr. 4, „	Thonh. Sandſtein, Mergel, viel Waſſer....	134.35	66855	45799	2483	4165
Cepun Nr. 5, „	Thonh. Sandſtein, Mergel, viel Waſſer....	165.12	39243	43908	2430	5730
	Einſturz, thonh. Sandſtein, Mergel, viel Waſ.	13.00	19204	10177	648	2559
Repole Nr. 6, „	Harter Kalkſtein	280.00	25867	19972	2320	6515
	Einſturz, „	7.00	2868	2433	64	1130
Lippoglan, „	Blauer Schiefer, Mergel	92.58	8600	9069	554	?
Kerſchbach, „	„ „	43.45	9750	9353	338	?
Kreuzberg, „	„ „	30.50	178	1948	.	.
Malomierzitz A. Brünn-Prag.	Harter Sienit.....	26.00	54		.	.
Bilowitz Nr. II. „	Sienit, zerklüftet, etwas Thon, Lehm.....	138.50	62561		1797	16518
„ Nr. III. „	Sienit, theils hart, theils zerklüftet.....	108.00	24283		115	2407
Adamsthal Nr. IV. „	Sienit, mittelhart....	33.50	1537		?	?
„ Nr. VI. „	„ „	71.89	1103		12	.
Novihrat Nr. VII. „	Sienit, zerklüftet, Thon, Lehm, Waſſer.....	238.08	264142		1046	73814
Muslau, „	Sandiger Kalk, hart, zerklüftet	117.75	62314	9156	1264	752

e) Schachtzimmerung und Unterfangung.

Die Schachtzimmerung unterſcheidet ſich von der Gruben- und Stollenzimmerung bloß dadurch, daß der Stollen immer horizontal oder mit einem geringen Gefälle, der Schacht ſenkrecht oder unter einem Winkel getrieben wird; und denkt man ſich einen Stollen, welcher in ſeinem ganzen Umfange verpfählt und mittelſt Kappen, Säulen und Grundſchwellen geſpreitzt iſt, entweder ſenkrecht oder unter einem Winkel aufgeſtellt, ſo erhält man einen gut gezimmerten Schacht.

ſtellung

merung verſchiedener ausgeführter Tunnelbauten.

Schacht oder Stollen.					Zimmerungskoſten in öſterr. Währung				Anmerkung.
					im Tunnel.		im Schacht oder Stollen.		
Tiefe.	Rundholz.	Behautes Holz.	Verpfählung.	Eiſen.	fl.	kr.	fl.	kr.	
Kr.-Kl.	Kubik-Fuß.		□K.	Pfd.					
.	.	.	.	.	117556	70	.	.	
.	.	.	.	.	56644	78	.	.	
40.16	3210	6429	320	888	86779	80	10225	9	[fangung. 1 Schacht, ſammt der Unter-
.	.	.	.	.	103667	97	.	.	
.	.	.	.	.	77853	22	.	.	
.	.	.	.	.	68606	16	.	.	
.	.	.	.	.	20342	32	.	.	[fangung.
15.50	2620	5320	349	232	49952	73	4832	76	2 Schächte, ſammt der Unter-
.	.	.	.	.					
8.50	1747		141	2	9395	61	1076	25	
6.16	993		53	?	9330	73	878	6	
.	.	.	.	.	1437	24	.	.	
.	.	.	.	.	41	11	.	.	
.	.	.	.	.	55348	56	.	.	
.	.	.	.	.	19105	45	.	.	
.	.	.	.	.	1282	50	.	.	
.	.	.	.	.	836	57	.	.	
.	.	.	.	.	174507	57	.	.	
.	.	.	.	.	25635	33	.	.	

Das Geſpärre, welches bei der Grubenzimmerung ſenkrecht geſtanden, liegt nun entweder horizontal oder unter einem Winkel ſenkrecht auf die Schachtaxe und heißt Schachtkranz, und die Pfähle ſtecken ſenkrecht oder unter dem Winkel des Schachtes.

Die Entfernung der Schachtkränze, welche durch Bolzen mit einander in Verbindung ſind, iſt abhängig von der Terrainbeſchaffenheit, und es iſt leicht einzuſehen, daß bei dieſer Anordnung eben ſo leicht die Getriebezimme-

rung eingeleitet werden kann; nur wird dieſelbe hier einfacher ſein, da die Verpfählung des Ortes, welches nun die Sohle des Schachtes bildet, entbehrlich wird.

Die Schachtkränze können aus vier oder mehr Theilen konſtruirt werden, je nachdem der Schacht einen rechteckigen oder runden Querſchnitt erhalten ſoll. Immer iſt es am zweckmäßigſten, die einzelnen Theile ſo mit einander zu verbinden, daß die Stirnflächen ſtumpf an einander ſtoßen. Von geringerem Vortheile iſt eine Konſtruktion, bei welcher, wie Figur 4 Tafel IV. zeigt, die Theile überplattet und deren Köpfe in Bühnenlöcher gelegt ſind, da das Holz geſchwächt und doch keine ſo ſolide Spannung erzweckt wird. Die Wände der Schächte, welche zur Förderung dienen, müſſen immer in ihrem Lichten entweder mit Latten oder Brettern verſchalt werden, damit die Kübel bei ihrer Auf- und Abbewegung ſich nicht an den Kanten der Schachtkränze ſtoßen und eine ungehinderte Bewegung erhalten.

Der Bauvorgang bei der Zimmerung iſt einfach folgender: Es wird der Schachtkranz auf die Sohle des Schachtes gelegt; dahinter, wenn etwa der Triebbau nöthig iſt, die Pfähle von oben herabgetrieben, ſodann die Sohle ausgehoben und die Treibung der Pfähle ſowie der Aushub ſo lange fortgeſetzt, bis der Pfahl an ſein Ende gekommen und der nächſte Schachtkranz eingeſpannt iſt, worauf ſich die Arbeit von Neuem wiederholt. Daß das Pfandblatt ſowie der Pfandkeil nicht fehlen darf, bedarf keiner weitern Erklärung.

Sobald der Schacht auf ſeine gehörige Tiefe abgeteuft und beiderſeits von demſelben in den Tunnel eingebrochen iſt, muß die ganze Zimmerung, welche nun durch den Einbruch in den Tunnel ſeiner Unterſtützung beraubt iſt, gehörig unterfangen werden. Dieſe Schachtunterfangung beſteht gewöhnlich in einem einfachen Gerüſte aus Säulen und Streben, zwiſchen welchen der Raum für die Förderung frei bleiben muß. Oefter wird dieſe Schachtunterfangung mit der Tunnelzimmerung in Verbindung gebracht und dadurch entbehrlich gemacht, indem man die erſten Bölzungsgeſtelle ſo unter die Schachtzimmerung ſtellt, daß der letzte Schachtkranz auf den beiden Kappen unmittelbar aufruht.

V. Tunnelmauerung.

a) Allgemeines.

Ob ein Tunnel freistehen kann, oder einer Ausmauerung oder Mauerwerksverkleidung seiner Wände bedarf, wird man bereits während der vorhergegangenen Arbeiten erkennen. In den meisten Fällen wird man aus der Erkenntniß der geologischen Terrainumgebung schon vor Beginn sämmtlicher Arbeiten anzugeben im Stande sein, ob der Tunnel auszuwölben sein wird oder nicht. Nur sehr wenige Gesteinsarten gibt es, welche eine solche Massivstruktur besitzen, daß sie sich nicht nur frei erhalten, sondern auch ein Ablösen von einzelnen Steinen oder Schichten nicht befürchten lassen. Die Fälle, welche eine Ausmauerung nöthig machen, sind daher bei den einzelnen Tunnelbauten viel zahlreicher, als jene der Nichtausmauerung. Als bestimmte Regel kann angenommen werden, daß ein Tunnel, welcher während des Baues einer Bölzung oder selbst nur einer bloßen Abspreitzung bedarf, immer auszumauern sein wird, während man nicht behaupten kann, daß ein Tunnel, welcher gar keiner Bölzung oder Spreitzung bedurfte, unausgemauert sich erhalten muß. Dieser Fall wird bei allen jenen Gesteinsarten eintreten, welche durch den längeren Einfluß der Witterung oder durch Hinzutritt von Feuchtigkeit und Wasser nach einiger Zeit erst ihre Gestalt verändern, ihre Festigkeit und ihre Konsistenz verlieren. Auch kann der Fall dann eintreten, wenn durch die fortwährenden Erschütterungen beim Durchgang der Lokomotiven und Bahnzüge nach und nach einzelne Steine oder Schichten sich lösen und herabfallen. Aus dem Erwähnten sieht man, daß der Zweck der Tunnelausmauerung ein zweifacher sein kann, entweder das Mauerwerk bildet eine bloße Verkleidung des Tunnelprofils, um die übrigens feste Gesteinsart entweder vor Einfluß der Witterung zu schützen oder das Herabfallen einzelner Steine zu verhindern; oder das eingebaute Mauerwerk hat die Aufgabe, die auf demselben lastenden Berge zu tragen und das Tunnelprofil in seiner normalen Ausdehnung zu erhalten.

Nach diesen beiden Zwecken wird sich nothwendig die Stärke des Mauerwerkes bestimmen lassen. Im ersten Falle wird man mit einer Stärke von 18 Zoll bis 2 Fuß vollkommen ausreichen; im zweiten Falle

jedoch ist die Bestimmung der Stärke eine schwierigere, da dasselbe öfter von mancherlei Zufälligkeiten und Umständen abhängig ist, welche eine theoretische Berechnung derselben ganz unzulässig machen, und der Ingenieur wird dann blos auf seine eigene praktische Erfahrung und auf das

Zusammen-

angewandter Mauerstärken bei verschie-

Post-Nummer	Name des Tunnels.	Gebirgs-Art.	Stärke des Mauerwerkes im Widerlager		
			Ziegel	Bruchstein	Quader
			in Wiener Klaftern.		
1	Triester	Harter Sandstein	.	0.667	.
2	Zebie am Karst Nr. 2	Harter Sandstein und Kalkstein	.	0.583	.
3	Buje „ Nr. 3	Sandstein, Mergel, beweglich	.	.	6.500
4	Cepnu „ Nr. 5	„ „ „	.	.	0.416
	„ „ „	Grauwacke, Thonschiefer, Wasser, veränderlich	.	.	6 583
5	Nepole „ Nr. 6	Kalkfelsen, hart, fest	.	.	0.333
6	Semmering, Haupt-Tunnel	Quarz, Sand, Dolomit, Kalk, veränderlich	0.583	.	.
	„ „	Quarz, Sand, Dolomit, Kalk, veränderlich	1.000	.	.
7	Weberkogel, Semmering	Quarz, Kalk, Mergel, Wasser, veränderlich	0.500	.	.
	„ „	Quarz, Kalk, Mergel, Wasser, veränderlich	1.000	.	.
8	Kreuzberger, Marb. Cilli	Quarz, Kalk, Mergel, hart	0.500	.	.
9	Pogganecker, Cilli-Laibach	Ziemlich harter Oppok, Wasser	.	.	0.333
10	Muhlhausner, Prag-Bodenb.	Kalkstein, hart, fest	.	.	0.458
11	Triebitz, Prag-Olmütz	Thonschiefer, plastisch, Thon, Wasser	.	.	0 416
12	Aaran, Schweiz, Nordost-Bahn	Kalkfelsen, hart	.	.	0.416
13	Zürich, „ „	„ „	.	.	0.416
14	Höhnebach, Hess. Nordbahn	Gebrochener Sandstein, Wasser	0.416	.	.
15	Pfälzische Ludwigs-Bahn	Vogesen Sandstein	.	.	0.416
16	Köln-Gießener Bahn	Grauwacke, Thonschiefer, veränderlich	.	0.500	.
17	Nahe-Rhein-Bahn	Porphyr, Melaphyr, hart	.	.	0.375
18	Blechinglei, Lond. Birm.	Blauer Londoner Thon, Wasser	0.482	.	.
19	Saltwood, „ „	Unter-Green-Sand, viel Wass.	0.482	.	.
20	Rosensteiner Würtemb.	Mergel, Geschiebe, Conglomerat, Thon	.	.	0.374
21	Montreuil, Paris-Germ.	Mergel, Sand, Sandstein	.	0.712	.
22	St. Claud, Paris-Versaill.	Mergel, Gyps, Thon	.	0 712	. .

Beiſpiel bereits mit Vortheil ausgeführter Tunnelbauten die Beſtimmung der nothwendigen Mauerſtärke baſiren können.

Als Beiſpiele über die Mauerſtärken bei vortheilhaft ausgeführten Tunnelbauten möge folgende Tabelle dienen.

ſtellung

denen ausgeführten Tunnelbauten.

Stärke des Mauerwerkes im						Anmerkung.
Gewölbe.			Sohlengewölbe.			
Ziegel	Bruchſtein	Quader	Ziegel	Bruchſtein	Quader	
in Wiener Klaftern.						
.	0.667	.	.	.	.	
.	.	0.416	.	.	.	
.	.	0.416	.	.	0.333	
.	.	0.333	.	.	0.333	
.	.	0.583	.	.	0.333	In dem 13° langen Einſturz.
.	.	0.333	.	.	.	
0.500	.	.	0.416	.	.	
1.000	.	.	0.416	.	.	Schächte-Unterfangung.
0.416	.	.	.	.	.	
1.000	.	.	0.416	.	.	" "
0.416	.	.	.	.	.	
.	.	0.333	.	.	0.333	
.	.	0.333	.	.	.	
.	.	0.333	.	.	0.333	Nicht hinreichend.
.	.	0.333	.	.	.	
.	.	0.333	.	.	.	
0.416	.	.	.	.	.	
.	.	0.333	.	.	.	
0.416	.	.	.	.	.	
.	.	0.375	.	.	.	
0.482	.	.	0.40	.	.	
0.482	.	.	0.402	.	.	
.	.	0.331	.	.	.	
.	0 712	.	.	.	.	
.	0.712	.	.	.	.	

Häufig wird man ſelbſt mit der größten Mauerſtärke und der ſolidesten Ausführung des Mauerwerkes nicht ausreichen und ein Gegeneinanderdrücken der beiden Widerlager nicht verhindern können, wenn bloß die Widerlager und das Gewölbe ausgemauert wird. In dieſem Falle müſſen dann die beiden Widerlager durch ein Erd- oder Sohlengewölbe mit einander verbunden werden. Der praktiſche Ingenieur wird die Nothwendigkeit der Spannung eines Sohlengewölbes aus der Beſchaffenheit des Terrains, aus den Druckäußerungen und der Richtung der Bewegung auf die Zimmerung in den meiſten Fällen ſchon während der Aushubsarbeiten erkennen können, dann ſoll das Mauerwerk, wenn anders die Umſtände und der Baubetrieb für den Aushub es zuläſſig machen, nicht bei den Fundamenten der Widerlager, ſondern am Scheitel des Sohlengewölbes begonnen werden. Es kann ſich übrigens bei trüglichen Geſteinsarten ereignen, daß die Anwendung eines Sohlengewölbes anfänglich für überflüſſig erachtet wird, und ſpäter erſt, nachdem das Gewölbe geſchloſſen iſt, ſich als unabweisliche Nothwendigkeit erweiſt. Bloß in dieſem ſpeciellen Fall wäre die nachträgliche Einſpannung desſelben zu entſchuldigen. In dem Abſchnitt für Tunnelaushub und Förderung iſt erwähnt worden, daß das Aushubsprofil entweder durch Zufälligkeiten oder gefliſſentlich immer größer ſich darſtellen wird, als es der abſolute Raum erfordern würde; es werden daher hinter dem Gewölbe hohle Räume entſtehen. — Indem dieſe Höhlungen zu ungleichem Druck auf die Mauerung und zu Waſſeranſammlungen Anlaß geben, müſſen dieſe ſorgfältig entweder vermauert oder mit klaren Bergen oder Letten feſt ausgeſtoßen werden. In einem Tunnel, welcher verzimmert werden mußte, iſt es vortheilhaft, das hinter der Mauerung verwendete Holz ſo viel als möglich zu entfernen, da dasſelbe mit der Zeit in Fäulniß geräth und dann hohle Räume bildet. Dieſe Arbeit muß jedoch mit der größten Vorſicht geſchehen, und kann nur ſukzeſſive mit dem Vorwärtsſchreiten der Mauerung bewerkſtelliget werden. Bei dieſer Arbeit iſt ein beſonderes Augenmerk darauf zu richten, daß die fernere obere Zimmerung, welche noch die Berge zu tragen hat, nicht durch die unvorſichtige Hinwegnahme eines Stempels oder einer Spreitzen ſeiner Stütze gänzlich oder auch nur theilweiſe beraubt wird. Die Hinwegnahme der Verpfählung im oberen Tunnelgewölbe wird in den wenigſten Fällen möglich werden, und man muß ſich dann begnügen, das Mauerwerk bis an die Verpfählung herzuſtellen, und alle Höhlungen gut und ſorgfältig auszuſchlagen.

Obgleich die Wichtigkeit der Herausnahme ſämmtlichen Holzes hinter dem Mauerwerk anerkannt werden muß, ſo kann doch auf deren Be-

folgung kein ſo großer Werth gelegt werden, wie dies von manchen Ingenieuren und in manchen Lehrbüchern empfohlen wird, da die Durchführung in Gebirgsformationen, welche ſehr großen Druck und Bewegung verurſachen, wenn auch nicht ganz unmöglich, doch mit den größten Gefahren und einer ſehr bedeutenden Vergrößerung der Koſten verbunden iſt, welche in gar keinem Verhältniß zu dem Vortheil der Herausnahme des Holzes ſteht. Auch ſind die Gefahren der Bildung von Höhlungen durch das Faulen der Hölzer in einem derartigen Materiale nicht ſo bedeutend, da die Fäulniß nur langſam vorwärts ſchreitet und durch die Beweglichkeit und den fortwährenden Druck des Materiales die Höhlungen ſukzeſſive mit dem Eintritt der Fäulniß ſich mit dem Materiale ſelbſt füllen.

Als ein ſehr mächtiger Feind für das Tunnelmauerwerk tritt das Waſſer auf, es erſchwert nicht nur die Arbeit während des Baues, ſondern zerſtört, wenn das Baumaterial nicht beſonders gut und wetterfeſt iſt, das Mauerwerk mit der Zeit derart, daß es ſchadhaft wird und zu Rekonſtruktionen Anlaß gibt. Auch für die Benützung des Tunnels wirkt dasſelbe nachtheilig, indem durch das langſame Durchſickern durch das Mauerwerk an verſchiedenen Stellen einerſeits der Oberbau leidet, anderſeits im Winter durch das viele Anſammeln von Eis der Betrieb erſchwert wird. Eine richtige und zweckmäßige Anordnung zur Ableitung dieſer Gewäſſer wird daher eine Hauptaufgabe bei Herſtellung des Mauerwerkes ſein. Dabei iſt beſonders zu beachten, daß dem Waſſer der Abfluß hinter dem Mauerwerk nicht ganz abgeſperrt und derſelbe ſo regulirt werde, daß er frei und ungehindert blos an beſtimmten Orten durch das Mauerwerk Statt finden kann. Die Mittel, wie dieſer Zweck zu erreichen iſt, werden bei Beſchreibung der Herſtellung des Mauerwerkes ſpecieller beſchrieben werden.

b) Materialien.

Aus dem Vorhergehenden erſieht man, welchen Einflüſſen ein Tunnelmauerwerk ausgeſetzt iſt, und man wird erkennen müſſen, wie nothwendig es iſt, ein gutes haltbares Mauerwerk herzuſtellen. Das Mauerwerk muß nicht nur ſehr fleißig gearbeitet ſein, ſondern mehr noch muß man in der Wahl der Materialien vorſichtig ſein. Die Bauſteine müſſen allen Anforderungen vollkommen entſprechen, d. h. ſie müſſen feſt und wetterhältig ſein, das Bindemittel ſoll ſtets ein ſolches ſein, daß es in möglichſt kurzer Zeit erhärtet und in vielen Fällen auch waſſerdicht wird.

Quadern nehmen unſtreitig für ein Tunnelmauerwerk den erſten Rang ein, und können auch in druckreichen und beweglichen Gebirgsformationen allein dem Zweck entſprechen. Dieſelben müſſen rein und nach der Schablone angearbeitet ſein, damit ſie beim Verſetzen den Gewölbsfugen entſprechen, und in ihrer ganzen Fläche gut auf einander liegen.

Bruchſteine ſollen nur dann verwendet werden, wenn dieſelben verhältnißmäßig groß ſind und ſchöne Lagerflächen beſitzen, damit bei der Mauerung ein allzuvieles Auskeilen der Fugen vermieden wird, und man dennoch im Stande iſt, ein ſolides Gewölbe herzuſtellen.

Werden Ziegeln oder Backſteine verwendet, ſo muß man bei der Wahl derſelben beſonders vorſichtig ſein, und darauf achten, daß ſie ſo viel als möglich wetterfeſt ſind. Niemals und ſelbſt aus den bewährteſten Ziegelſchlägen darf ein Ziegel vermauert werden, welcher nicht früher einen Winter im Freien überſtanden hat. Ueberhaupt ſoll die Verwendung von Ziegeln bloß durch unabweisliche Nothwendigkeit, wenn abſolut kein brauchbarer Quader oder Bruchſtein zu erwerben wäre, gerechtfertiget ſein, mit Ausnahme eines Baues, wo es ſich um bloßes Verkleidungsmauerwerk handelt und der Bau vollkommen trocken iſt. Gebieten die Umſtände dennoch die Verwendung von Ziegeln, ſo gebrauche man doppelt gebrannte, Klinker genannt.

Der Mörtel ſoll immer mehr oder weniger mit hydrauliſchen Kalken oder ganz mit Cementen gemengt ſein, damit er ſo ſchnell als möglich erhärtet und waſſerhältig wird.

Anempfehlenswerth wären für den Tunnelbau folgende Miſchungen:

3 Theile Kalk,	1 Theil hydrauliſchen Kalk,
2 „ Ziegelmehl,	2 Theile Sand.
3 „ Sand.	
3 Theile Kalk,	1 Theil Kalk (gering hydrauliſch),
2 „ Cement,	2 Theile Cement,
3 „ Sand.	2 „ Sand.

c) Tunnelmauerung.

Der größte Theil des Tunnelmauerwerkes beſteht aus Gewölbmauerwerk und muß in ſeinem ganzen Umfang radial nach den verſchiedenen Bögen, aus denen das Tunnelprofil zuſammengeſetzt iſt, ausgeführt werden. Das Sohlengewölbe und die beiden Widerlager arbeitet der Maurer aus freier Hand blos nach ihm gegebenen Schablonen, welche am Anfang und Ende der in Arbeit begriffenen Mauergurte auf-

gestellt werden. Für die Herstellung des oberen Gewölbes werden Lehrgerüstbögen, wie wir diese in Folgendem kennen lernen werden, benützt.

Die Herstellung des Sohlengewölbes geschieht, indem die Mauerung am Schlusse des Gewölbes beginnt, und beiderseitig gegen die Anläufe fortschreitet. Eine Hauptbedingung für die Solidität dieser Gewölbe ist, daß das Terrain, worauf das Mauerwerk zu liegen kömmt, ganz eben nach der Krümmung planirt ist, damit das Gewölbe überall gleichmäßig und gut aufliegen kann. Die Herstellung der Widerlager beginnt an der Sohle, indem das Fundament früher gehörig planirt oder bei schlechten Materialien ein Fundament aufgemauert wurde. Fundamentmauerwerk wird nur selten gemacht und man begnügt sich gewöhnlich blos dem Widerlager eine solide Unterlage, mit einer Schaar größerer Quadern, welche *Fußsteine* genannt werden, zu geben. Diese Fußsteine bilden dann, wenn ein Sohlengewölbe gemauert ist, die Gewölbsanläufe für beide Theile, nämlich für das Sohlengewölbe und für die Widerlager. Nachdem auf den Fußsteinen die ganze Last des Gewölbes ruht und sich in denselben der ganze Druck des Gebirges mehr oder weniger konzentrirt, so muß auf dieselben eine besondere Vorsicht verwendet werden. Dieselben sollen so groß als möglich konstruirt sein, damit die Basis ihrer Auflage die möglichst größte wird; bei dem Versetzen derselben muß beobachtet werden, daß das Terrain gleichmäßig planirt ist, und der Stein in allen Theilen seiner Basis gut aufliegen kann. Zweckmäßig wird es sein, das Fundament, worauf der Fußstein zu liegen kömmt, nicht horizontal abzugleichen, sondern schief in der Richtung des Radius des Gewölbes der Widerlager, da dadurch gegenüber dem Drucke bei gleicher Basis die größte Fläche geboten wird. Die Tiefe der Fundamente soll so sein, daß wenigstens der ganze Fußstein noch unter die ausgehobene Tunnelsohle zu liegen kömmt, um demselben die Möglichkeit zu gewähren, sich an das gewachsene Terrain, wenn kein Sohlengewölbe gespannt wird, anlehnen und stützen zu können.

Das Gewölbmauerwerk bildet eine unmittelbare Fortsetzung der Widerlager, wird beiderseitig gleichförmig in die Höhe getrieben und zum Schluß gebracht. Der Schlußstein kann jedoch nicht wie bei gewöhnlichen Bauten von oben herab gesetzt werden, da hierzu der Raum fehlt, sondern muß von der Seite eingeschoben werden; blos bei dem Zusammentreffen zweier Mauergurten oder bei dem Schluß des ganzen Mauerwerkes muß der letzte Schlußstein von oben herab gesetzt werden, und zwar wird dieß dadurch ermöglicht, daß an jener Stelle der Aushub um die ganze Stärke des Gewölbes so erhöht wird, daß der Stein in

dieſem Raum Platz findet. Wird nun der Stein, bevor die nächſte Umgebung geſchloſſen iſt, dahin gebracht und in ſeiner Höhe durch Stempel erhalten, ſo kann die Umgebung geſchloſſen und durch Entfernung des Stempels endlich der Schlußſtein geſetzt werden.

Bei einem Tunnel, welcher keine Zimmerung oder ſie nur in geringer Ausdehnung hat, ſchreitet die Ausmauerung anſtandslos, ohne große Hinderniſſe vorwärts. Bei einem Tunnel jedoch, welcher in ſeinem ganzen Profil verzimmert iſt, wird die Ausmauerung beſchwerlicher und komplizirter. Das Haupthinderniß, welches entgegentritt, iſt die Auswechslung der Bölzungshölzer. Es wäre ein grober Fehler und würde mancherlei Gefahren herbeiführen, würde die Entfernung der innern Bölzungshölzer auf einmal in größeren Maſſen geſchehen; es dürfen daher immer nur jene entfernt werden, welche der Fortarbeit hinderlich ſind und gleichſam durch die Mauer unmittelbar erſetzt werden. Bei der Mauerung der Widerlager wird es ſogar bei ſehr beweglichem Materiale nothwendig werden, die Abſpreizung der Wände nicht ganz zu beſeitigen, ſondern blos auszuwechſeln. Indem das aufgeführte Mauerwerk, welches erſt ſeine Trag- und Spannkraft durch den Schluß des ganzen Gewölbes erhält, zu ſchwach wäre dem Druck zu widerſtehen, ſo muß mit dem Vorwärtsſchreiten des Mauerwerkes nun eine Abſpreizung desſelben an die Stelle der Abbölzung der Tunnelwände treten, welche erſt zu beſeitigen ſein wird, wenn das Gewölbe geſchloſſen iſt. Bei der Weitermauerung des Gewölbes geſchieht die Auswechslung des innern Bölzungsgehölzes auf die Lehrgerüſtbögen; eine beſondere Abſpreizung des Mauerwerkes wie bei den Widerlagern fällt weg, da die Gewölbseinrüſtung deſſen Stelle erſetzt.

Die Befreiung des geſchloſſenen Gewölbes von den Lehrgerüſtbögen könnte ſtreng genommen, ſobald der Bogen etwas gelüftet iſt, ſogleich geſchehen; doch iſt dieß beſonders im druckreichen Terrain niemals anzurathen, da die befreite Mauergurte ſich mindeſtens um die Anzahl der Mörtelfugen ſetzen muß, das anſtoßende Mauerwerk nicht mehr in die Mauerſchmatzen paſſen kann und daher nicht nur eine Trennung der beiden Gurten eintreten muß, ſondern auch längs des ganzen Tunnels die einzelnen Gurten durch Abſtufungen oder wellenförmige Flächen erkenntlich ſein werden. Man wird daher ſehr vortheilhaft thun, die geſchloſſene Mauergurte zwar etwas weniges zu lüften, doch erſt dann von den Lehrgerüſtbögen ganz zu befreien, wenn die anſtoßende Gurte vollkommen geſchloſſen iſt.

Gewölbsnachmauerung bei einem Tunnel kömmt keine vor, da der

Aushub immer entsprechend dem Extrados des Gewölbes gemacht wird. Bleibt jedoch zwischen dem Mauerwerk und dem Aushub oder Zimmerung ein freier Raum oder einzelne Höhlungen, so werden diese entweder mit gewöhnlichem Mauerwerk ausgefüllt, oder es wird bei Ziegel- oder Bruchsteingewölben das Mauerwerk bis an den Aushub über die normale Stärke gewölbartig hergestellt. Zweckmäßiger jedoch ist es, besonders in wasserführenden Tunnels, diese Räume mit festen wasserhältigen Bruchsteinen bis hinab zu den Fußsteinen trocken auszuschlichten, um dem Wasser hinter dem Gewölbe einen Abfluß nach unten zu geben und ein Durchsickern durch das Mauerwerk zu verhüten.

Unter den verschiedenen Arten der Ableitung der Wässer hinter dem Gewölbsmauerwerk dürfte wohl diese eben erwähnte den ersten Rang einnehmen, besonders wenn dabei die Vorsicht gebraucht wird, daß erstens der Mörtel ein gut hydraulischer ist, zweitens die hintere Fläche des Gewölbes glatt, ohne alle Unebenheiten hergestellt und mit einem Cementüberzug versehen wird, so daß das Wasser auf dieser Fläche ungehindert abfließen und hinter den Fußsteinen versickern kann. Vortheilhaft ist es jedoch, auch dieses Versickern wenigstens theilweise zu verhindern, indem das Wasser in der Höhe der Fußsteine entweder in steinernen Rinnen oder mittelst Mauerwerk in Cement gearbeitet, aufgefangen und durch kleine Kanäle in mäßigen Entfernungen durch die Widerlager in das Innere des Tunnelraumes geleitet wird, wo es dann in dem Hauptkanal seinen Abfluß nach Außen findet.

Eine ähnliche Ableitung der Wässer findet man bei dem Bau des Semmeringer Haupttunnels angewendet; nur wird das Wasser nicht in der Tiefe der Fußsteine, sondern in der Höhe der Widerlager abgefangen, dann durch gußeiserne Röhren in Entfernungen von 6 bis 18 Fuß hinter den Widerlagern hinabgeführt, und ober den Fußsteinen in kleinen Kanälen durch das Mauerwerk in den innern Tunnelraum geleitet. Statt des Cementüberzuges wurde das Mauerwerk mittelst einer Asphaltleinwand überdeckt, jedoch geschah die Arbeit so, daß diese an der Verpfählung befestiget ward und das Ziegelgewölbmauerwerk bis knapp an die Asphaltleinwand und die Verpfählung geführt wurde, wodurch das Wasser keinen ungehinderten Raum zum Abfluß erhielt. Nach dieser Anordnung war es außerdem nicht möglich, die hintere Fläche des Mauerwerkes glatt genug herzustellen, um die Leinwand vor einer Beschädigung zu bewahren, wodurch die Ausführung eine mangelhafte wurde.

Eine fernere Ableitung besteht darin, daß die Quelle unmittelbar bei ihrem Austritt abgefangen und sogleich durch entsprechende Kanäle

durch das Mauerwerk geleitet wird. Abgesehen, daß eine ganz vollständige Abfangung des Wassers nicht möglich ist, oder daß dieselbe durch den Druck und die Setzung des Mauerwerkes Schaden leiden muß, so hat diese Art auch noch den Nachtheil, daß das Wasser an verschiedenen Punkten in den Tunnelraum geleitet wird, und dadurch für den Oberbau schädlich ist und im Winter zu Ansammlung von größeren Eismassen Anlaß gibt. Im Tunnelraum selbst wird das Wasser in einem eigenen hergestellten Kanal gesammelt und durch denselben nach Außen befördert. Dieser Wasserabzugskanal liegt in der Mitte der Tunnelsohle und wird von Mauerwerk hergestellt. Durch die Widerlager des Kanales, sowie durch die obere Decke werden in gewissen Entfernungen kleine Oeffnungen gelassen zur Aufnahme des sich sammelnden Wassers. Hat der Tunnel ein Sohlengewölbe, so steht der Kanal unmittelbar auf demselben auf, und es bildet das Sohlengewölbe zugleich die Sohle des Kanales.

Der Kanal erhält das Gefäll des Tunnels; sollte derselbe jedoch horizontal angebracht sein, so muß dem Kanal ein selbstständiges Gefälle gegeben werden, und zwar wird es am zweckmäßigsten so anzuordnen sein, daß von der Mitte des Tunnels dasselbe nach beiden Ausgängen hin läuft.

Die Art und Weise des Vorganges des Mauerwerkes hängt nothwendig ab von der Baumethode, nach welcher der Aushub eingeleitet ist, und wir können daher im Allgemeinen ebenso drei Methoden unterscheiden wie dort, nämlich die Methode:

a) nach welcher zuerst das obere Gewölbe, nachträglich die Widerlager und zuletzt das Sohlengewölbe hergestellt wird;
b) mit Anwendung des Mittelkörpers, bei welcher das Mauerwerk mit den Fußsteinen begonnen und nachträglich das Sohlengewölbe eingespannt wird;
c) die Methode im ganzen Profil, bei welcher das Mauerwerk mit dem Schluß oder Scheitel des Sohlengewölbes begonnen wird.

Die Art der speciellen Ausführung dieser drei Methoden ergibt sich theils aus den Titeln, theils aus allem früher Gesagten von selbst. Außerdem ist nur zu erwähnen, daß bei der ersten Methode das Gewölbmauerwerk nicht unmittelbar auf das Terrain aufgestellt werden darf, sondern demselben eine solide Holzunterlage von 3- bis 6zölligen Pfosten der Länge nach gelegt, zu geben ist. Mit Hilfe dieser Unterlage wird es möglich werden, das bereits geschlossene Gewölbe während der Abteufung der Widerlager leichter unterfangen zu können, und bei Tunnels, welche geringeren Druck üben, größere Längen der Abteufung auf einmal in Angriff zu nehmen.

Die Vor- und Nachtheile dieſer einzelnen Methoden ſind bereits genugſam im dritten Abſchnitte für Tunnelaushub erörtert worden, und dieſe haben auch einen gleichen Bezug und Wirkung auf die Mauerung.

Da bei einem Tunnelbau im beweglichen und druckreichen Terrain gleich bei Beginn der Mauerung eine gehörige und ſolide Unterſtützung der Fußſteine, ſowohl gegeneinander als auch gegen unten, einen großen Einfluß auf die Solidität und Haltbarkeit des ganzen Mauerwerkes ausübt, und eine ſolche Unterſtützung blos das Sohlengewölbe gewähren kann, ſo muß die Mauerung mit dieſem beginnen und es iſt aus dieſem Grunde allein hinreichend dargethan, daß für einen ſoliden rationellen Tunnelbaubetrieb blos die dritte Methode: Aushub mit vollem Profil, die richtige und vorzüglichſte ſein kann.

Eine Beſtätigung dieſes Satzes finden wir beſonders hervorragend an dem Einſturz des Czernitz-Tunnels der Friedrich Wilhelms-Bahn. Als Urſache des Einſturzes kann lediglich der Umſtand angeſehen werden, daß das Sohlengewölbe nachträglich eingeſpannt wurde. Durch die Hinwegnahme des Mittelkörpers hatten die beiden Widerlager immer mehr an Stütze verloren und wurden ſo lange gegen einander geſchoben, bis das Mauerwerk nicht mehr zur Ruhe gebracht werden konnte; ferner wurde auch dadurch der Sohle des Tunnels alle Stütze benommen, welche in Folge deſſen und der großen Beweglichkeit des Materiales mit Heftigkeit emporſtieg.

Als Vergleich kann man mit allem Recht den Bau des Themſetunnels aufſtellen; das Material bei beiden Tunnels war, wenn auch nicht in geognoſtiſcher Beſchaffenheit, doch in Bezug ſeiner Beweglichkeit ein gleiches; das Mauerwerk wurde am Schluß des Sohlengewölbes begonnen, und es war während des ganzen ſehr ſchwierigen Baues von einem derartigen Einſturz durch Auftrieb der Sohle, durch Zuſammendrücken der Widerlager keine Rede. Die Einſtürze, welche Statt fanden, beſchränkten ſich immer auf den Theil, in welcher die Mauerung noch nicht begonnen hatte und waren eine bloße Folge von zu wenig ſtarker Zimmerung oder zu undichter Verpfählung. Ferner können als Beiſpiele dienen der Saldwoodtunnel in England und der Aachner Buſchtunnel der Rheiniſchen Bahn, bei welchem das Materiale gerade kein ganz ſchwimmendes, doch ein ſehr ſchlechtes, mit großem Waſſerandrang begleitetes Gebirg war, und derartige Einbrüche nicht vorkamen.

d) Schachtmauerung.

Der Zweck der Ausmauerung eines Schachtes ist, dem fertigen Tunnel etwas Licht zuzuführen, ferner um den Luftzug zur Ableitung schädlicher Dünste oder, bei Eisenbahnen, des Rauches zu vergrößern, endlich bei allfällig eintretenden Reparaturen zur Materialförderung dienen zu können. Aus diesen Gründen ist leicht erklärlich, daß bei einem Tunnel, welcher mittelst einer größeren Anzahl von Schächten bearbeitet wurde, nur ein geringer Theil derselben auszumauern sein wird. Auch hat in neuerer Zeit die Erfahrung gelehrt, daß der Zweck der offenen Schächte lange nicht in dem Maße erreicht wird, als es die entstehenden Mehrkosten versprechen sollten, und die Nachtheile, welche dieselben mit sich bringen, nicht ganz berücksichtigt bleiben können.

Die Ausmauerung der Schächte kann auf zweifache Art bewerkstelliget werden: entweder geschieht dieselbe in unmittelbarer Verbindung mit dem Aushub, oder nachträglich, wenn der Schacht ganz abgeteuft ist, und die Benützung desselben für den Tunnelbau entbehrlich wird. Die erste Art gewährt den Vortheil, daß die Ausbölzung des Schachtes entbehrlich wird; hingegen wird das Ausmaß des Mauerwerkes ein größeres als es im zweiten Fall nöthig wäre, dadurch daß der Querschnitt größer werden muß, um den nöthigen Raum zur Benützung während des Baues zu gewinnen. Der Querschnitt der Mauerung ist entweder kreisrund oder elliptisch, und die Ausführung des Mauerwerkes geschieht nach den Regeln der Gewölbsmauerung. Die Größe des Querschnittes ist verschieden, z. B. die Schächte des Semmeringer Haupttunnels, welche nach Vollendung des Baues ausgemauert wurden, haben im Lichten einen Durchmesser von 7 Fuß; die Schächte am Triebitzer Tunnel auf der Olmütz-Prager Bahn, nachträglich ausgemauert, einen Durchmesser von 7 Fuß. Die Schächte vom Blechingleitunnel in England wurden früher ausgemauert mit einem Durchmesser von 8·67 österreich. Fuß. Der größte Schacht, der je versenkt wurde, dürfte der Zugang zum Themsetunnel sein. Das 50 englische Fuß im Durchmesser haltende Schachtmauerwerk wurde auf 37 Fuß Tiefe regelmäßig versenkt.

Der Bauvorgang der Schachtmauerung, wenn dieselbe in unmittelbarer Verbindung mit der Abteufung gemacht wird, kann auf zweifache Weise geschehen: entweder durch Versenkung des Mauerwerkes, oder durch Untermauerung.

Die Versenkung des Mauerwerkes wird dadurch bewerkstelliget, daß, wenn der Schacht auf eine geringe Tiefe von 3 bis 6 Fuß abgeteuft

iſt, man das Mauerwerk aufführt, und dann unterhalb desſelben die Erde in ſeinem ganzen Umfang auf eine ſehr geringe Tiefe aushebt, ſo daß das Mauerwerk nachrücken und oben durch Aufmauerung ergänzt werden kann. Hiebei muß das Mauerwerk auf einen ſtarken hölzernen oder eiſernen Kranz aufgeſtellt werden, welcher mittelſt eiſerner Stangen oben aufgehängt wird und zur Ermöglichung einer gleichmäßigen Verſenkung beiträgt; welche Arbeit eine beſondere Vorſicht erfordert, um das Mauerwerk nicht aus ſeinen Fugen und ſeinem Zuſammenhang zu bringen. Auch die vollkommen lothrechte Abteufung iſt eine Hauptbedingung für das Gelingen der Arbeit. Der Aushub muß an ſeinen Wänden ſo glatt als möglich gemacht werden, einerſeits um das Verſenken durch die Reibung nicht zu verhindern, andererſeits um das Mauerwerk durch hervorſpringende Steine bei demſelben nicht ſchadhaft zu machen. Aus dem Grunde iſt dieſe Art der Herſtellung nicht in allen Bodenarten anwendbar, und es eignet ſich hierzu blos angeſchwemmtes Land, als Letten, Sand, Erde, Mergel ꝛc.

Mit Bezug auf die Bodengattungen findet die zweite Art der Schachtausmauerung durch Untermauerung eine größere Anwendung, da dieſe bei jeder Terrainformation möglich iſt. Der Vorgang iſt folgender: Nachdem der Schacht auf eine Tiefe von 3 bis 10 Fuß, je nachdem der Aushub ohne eine Verzimmerung ſtehen kann, abgeteuft iſt, wird das Mauerwerk darin aufgeführt, welches auf einen ſoliden, mäßig ſtarken, von zwei- bis dreizölligen Pfoſten zuſammengeſetzten Kranz aufgeſtellt iſt. Nach Beendigung der Arbeit wird die Abteufung auf eine entſprechende Tiefe fortgeſetzt, das Mauerwerk mit Hilfe des hölzernen Kranzes durch Stempel unterſtützt und ſodann untermauert, wobei das neue Mauerwerk abermals einen gleichen hölzernen Kranz als Unterlage erhält. Beſondere Aufmerkſamkeit iſt nöthig, daß die Abteufung und Untermauerung genau lothrecht iſt, ferner daß die proviſoriſche Unterfangung mittelſt der Stempel eine ganz ſolide wird. Die einzelnen hölzernen Kränze müſſen immer, wenn das Mauerwerk in die Höhe gebracht iſt, ſtückweiſe entfernt werden, da dieſelben mit den Jahren zu Grunde gehen und zu Setzungen und Mauerſprüngen Anlaß geben würden.

Der Bauvorgang der zweiten Methode, nämlich wenn das Mauerwerk erſt hergeſtellt wird, wenn der Schacht ganz abgeteuft iſt, und deſſen Benützung für den Tunnelbau entbehrlich wird, unterſcheidet ſich von der ſo eben beſchriebenen im Weſentlichen dadurch, daß bei dieſer das Mauerwerk von unten nach oben fortſchreitet, während bei jener die Mauerung von oben nach unten bewerkſtelliget wird. Die Art der Maue-

rung ist viel einfacher und schreitet ohne Anstand vorwärts; selbst wenn der Schacht ganz verzimmert und verbolzt ist, da der Querschnitt der Mauerung viel kleiner sein kann, und daher das ganze Mauerwerk innerhalb der Zimmerung Platz findet. Die hohlen Räume, welche zwischen dem Mauerwerk und der Zimmerung oder dem Aushub bleiben, müssen jedesmal entweder vermauert, oder mit Steinen trocken ausgeschlichtet, oder mit Letten und Erde gut versetzt werden. Die letzte Art dürfte wohl deshalb vorzuziehen sein, weil diese mit dem geringsten Kostenaufwand nicht nur den gleichen Zweck erfüllt, sondern auch den geringsten Anlaß zur Ableitung der Tagwässer nach dem Tunnelraum gibt. Mit dem Emporschreiten des Mauerwerkes und gleichzeitig der Hinterfüllung wird es zweckmäßig sein, das Bölzungsgehölz des Schachtes zu entfernen, da dasselbe verhältnißmäßig wenig Kosten verursacht und wieder verwerthet werden kann.

Zur Verhütung von Unglücksfällen wird das Schachtmauerwerk jedesmal mehrere Fuß über das natürliche Terrain an der Oberfläche erhöht, dann mittelst einer Eisenkonstruktion und Glas eingedeckt und überdies, um dieses vor muthwilliger Beschädigung zu schützen, mit einem aus starkem Eisendraht geflochtenen Gitter, die Schachthaube genannt, versehen. In den Tafeln XXV, XXII sind derartige Schachthauben ersichtlich.

Das hergestellte Schachtmauerwerk steht unmittelbar auf dem Tunnelgewölbe auf, und findet an diesem seinen Stützpunkt. Eine solide und nach den Gesetzen der Verschneidung zweier Gewölbe konstruirte Verbindung der Schachtmauerung mit dem Tunnelmauerwerk ist daher eine Hauptbedingung für die Haltbarkeit des Schachtes. Diese Verbindung, der Schachtkranz genannt, muß aus den besten und festesten Materialien hergestellt werden, und man wählt hiezu entweder ganz guten und gesunden Quader oder auch öfter Eisen. Die Konstruktion dieser Schachtkränze erklären am deutlichsten die Zeichnungen in den Tafeln XXII, XXV, IX.

Wegen des sehr bedeutenden Druckes, welchen die große Last des ganzen Schachtmauerwerkes auf das Tunnelgewölbe ausübt, wird es häufig vorkommen, daß das Tunnelmauerwerk in der gleichen Stärke wie längs des ganzen Tunnels zu schwach sein dürfte. Dieser Umstand ist bereits früher in Erwägung zu ziehen und das Mauerwerk unter dem Schachte und beiderseitig von demselben auf eine Entfernung von 6 bis 12 Fuß verhältnißmäßig zu verstärken. Diese Verstärkung wird natürlich mit der größeren Höhe eines Schachtes zunehmen; auch wird dieselbe größer in einem Tunnel sein, wo das Mauerwerk eine bloße Verkleidung ist.

Bei sehr hohen Schächten kann die Last des Mauerwerkes auf das Tunnelgewölbe durch die Anwendung sogenannter Entlastungsgurten vermindert werden; jedoch sind diese nur dann anwendbar, wenn die Gebirgsformation eine feste ist. Diese Entlastungsgurten sind Segmentgewölbe, welche in bestimmten Entfernungen senkrecht auf den Schacht von einer Schachtwand zur andern so gespannt werden, daß dieselben ihre Widerlager in dem natürlichen Terrain finden, und auf diese Art eine Stütze für das darauf gestellte Schachtrohr bis zur nächsten Entlastungsgurte bilden.

Eine Anwendung dieser Konstruktion finden wir bei den Schächten des Semmeringer Haupttunnels. Die Schächte, welche eine Höhe bis zu 52 Klafter haben, sind in Entfernungen von 10 Klafter mit diesen Gurten getragen, wie die Zeichnungen der Tafel XXII zeigen.

e) Gewölbseinrüstung.

Wie bei jedem Gewölbmauerwerk die Gewölbseinrüstung eine unabweisliche Nothwendigkeit ist, so kann eben so wenig auch in einem Tunnel dieselbe zur Herstellung der oberen Gewölbung entbehrt werden; nur unterscheidet sich diese von der gewöhnlichen dadurch, daß dieselbe nicht allein das herzustellende Mauerwerk, sondern auch das darauf liegende Gebirge zu tragen hat, und diese Thatsache allein ist ein genügender Grund, daß die Tunnelgewölbseinrüstung stärker konstruirt und mit größerer Sorgfalt aufgestellt werden muß.

Was die Konstruktion eines Lehrbogens betrifft, so kann diese sehr verschieden sein, im Allgemeinen jedoch kann man zwei Arten unterscheiden:

a) Solche Lehrbögen, welche an den beiden Widerlagern und in der Mitte unterstützt sind;

b) solche, welche blos an ihren Endpunkten, d. h. an den Widerlagern unterstützt sind.

Die erste Art wird sich von selbst bei einem Bau mit Anwendung des Mittelkörpers ergeben; kann jedoch auch bei einem Baubetrieb im vollen Profil gebraucht werden, indem man entweder ein selbstständiges Untergestell aufführt, oder das Untergestell der Tunnelbölzung mit verwendet. Zweckmäßiger dürfte jedoch die Anwendung der zweiten Art sein, da diese bei der geringen Spannweite eines Tunnelprofils verhältnißmäßig weniger Holz benöthiget, und den Raum am wenigsten beengt.

Die Detailkonstruktion eines Tunnellehrgerüstes soll so gewählt sein, daß es folgenden Anforderungen entspricht:

1. Es muß ſo ſtark ſein, daß es nicht nur das Mauerwerk, ſondern auch das darauf liegende Gebirge tragen kann;
2. ſoll es keine Bewegung der einzelnen Theile zulaſſen;
3. ſollen die einzelnen Theile keine zu großen Längen, welche dem Aufſtellen zwiſchen den Bölzungsgeſtellen hinderlich wären, haben;
4. ſoll die Anzahl der einzelnen Theile ſo gering als möglich ſein;
5. müſſen die einzelnen Theile auf ſolche Art an einander gepaßt werden, daß bei der Ausrüſtung dieſe keinen Schaden leiden, und das ganze Lehrgerüſt wieder aufgeſtellt und öfter verwendet werden kann.

Was den zweiten Punkt anbelangt, wird dieſe Anforderung erreicht, indem die einzelnen Lehrbögen durch Langſchwellen oder Bolzen mit einander verbunden werden. Jedoch muß beſonders hervorgehoben werden, daß es jederzeit beſſer iſt, dieſe Längenverbindung ganz unabhängig von den zwiſchen ſtehenden Bölzungsgeſtellen zu bewerkſtelligen, indem bei einem druckreichen Terrain im entgegengeſetzten Falle die Bewegung der Bölzungsgeſtelle den Lehrgerüſten mitgetheilt wird und dieſe aus ihren normalen Stellungen gebracht werden. Aus dieſem Grunde iſt auch in einem derartigen Materiale die Benützung des Bölzungsgeſtelles als Untergeſtell für die Lehrgerüſte niemals vortheilhaft, und man kann als eine Hauptregel annehmen, daß die ganze Gewölbseinrüſtung in einem druckreichen beweglichen Materiale immer ſo unabhängig als möglich von der Tunnelbölzung aufgeſtellt werden ſoll.

Bei allen Gewölben iſt eine Setzung desſelben durch das Zuſammenpreſſen des Mörtels in den Fugen unvermeidlich und dieſe wird natürlich mit der Anzahl der Fugen und mit dem Druck des Gebirges zunehmen; es muß daher bei einem Tunnelgewölbe um ſo mehr auf dieſe Setzung Rückſicht genommen werden, als das nöthige Profil ſich verengt und leicht für die einſtige Benützung des Tunnels hinderlich ſein kann. Der Zweck wird erreicht, wenn man entweder den Gewölbsbogen, welcher genau nach der innern Gewölbslinie konſtruirt iſt, um die nöthige Setzung höher ſtellt, oder der äußeren Begrenzung des Lehrbogens eine ſolche Form gibt, daß in derſelben bereits die nöthige Ueberhöhung begriffen iſt und die Anläufe der Gewölbseinrüſtung in ihrer normalen Höhe geſetzt werden können.

In Bezug des fünften obenerwähnten Punktes iſt dieſe Anforderung für eine Tunnelgewölbseinrüſtung um ſo nöthiger, als man geſehen hat, und wie es auch in der Natur der Sache gelegen iſt, daß das Mauerwerk immer blos ſtrecken- oder gurtenweiſe fortgeſetzt wird. Je öfter nun die Gewölbseinrüſtung wieder verwendet werden kann, deſto größer iſt

die Koſtenerſparniß. Dieſe Wiederverwendung kann jedoch blos ſo lange fortgeſetzt werden, als die einzelnen Theile gut an einander paſſen, und dies wird erreicht durch eine ſolche Konſtruktion, daß die einzelnen Theile leicht aus einander genommen werden können. Künſtliche Holzverſchneidungen, komplizirte Ueberplattungen, Zapfen und Löcher oder Federn und Nuthen müſſen daher ganz vermieden werden; am beſten iſt es die Holztheile ganz ſtumpf auf einander zu ſtoßen oder mit ganz einfachen Ueberplattungen zu verbinden, und dem ganzen Bogen eine Stabilität und einen Zuſammenhalt durch eiſerne Klammern, Schrauben oder eiſerne Ringe zu geben.

Nachdem die Konſtruktion des Lehrbogens gewählt iſt, wird dieſelbe am Tage auf dem Zimmerreißboden aufgezeichnet, und darnach der Bogen abgebunden, ſodann die einzelnen Theile in dem Tunnel an den Ort ihrer Beſtimmung geſchafft und dort aufgeſtellt. Das zu verwendende Holz iſt gemeiniglich vierkantig behauen, von der Stärke $^{8}/_{9}$ bis $^{12}/_{12}$zöllig, je nach der Größe des Druckes und dem Gewichte des Gewölbsmaterials und wird ſowohl unter den harten als auch weichen Holzgattungen gewählt. Das harte Gehölz hat wohl den Vorzug, daß es eine größere Tragkraft beſitzt, hauptſächlich die einzelnen Theile weniger Schaden leiden und durch längere Zeit gut aneinander paſſen, daher der Bogen öfterer wieder verwendet werden kann; jedoch den weſentlichen Nachtheil, daß es ſchwerer zu erwerben und bei der Aufſtellung wegen ſeines größeren Gewichtes ſchwerer zu handtieren iſt.

Bei der Aufſtellung der Gewölbseinrüſtung, welche in einem Tunnel mit vielem Bölzungsholze eine ſehr ſchwierige werden kann, kommen die einzelnen Bögen je zwiſchen die Bölzungsgeſtelle zu ſtehen, und es muß beachtet werden, daß dieſe Aufſtellung eine ſo geringe wie mögliche Beſeitigung einzelner Bölzungshölzer nöthig macht. Sind die Bögen endlich aufgeſtellt, ſo kann dann eine Auswechslung des Bölzungsgehölzes Statt haben, indem die Verpfählung oder das Sparrengeſtell oder die Kronenhölzer auf dieſe Bögen aufgebölzt werden; jedoch kann dieſe Auswechslung nur vorſichtig und im Verlauf mit dem Fortſchritt der Mauerung erfolgen, indem dadurch ſehr leicht zu großen Setzungen und Bewegungen Anlaß gegeben wird.

f) Tunnelfaçaden.

Die Ein- und Ausgänge der Tunnels werden gewöhnlich durch vertikale Stirnmauern abgeſperrt, welche den Zweck haben, dem natürlichen

Terrain, das eine gleiche Böſchung wie der anſtoßende Einſchnitt hat, eine Stütze zu geben, an welche es ſich anlehnen kann, um dasſelbe vor Abrutſchungen zu bewahren. Je nach der Höhe der Böſchungen und der Gattung des Materiales erhalten dieſe Stirnmauern ſodann ihre Stärke und Höhe; öfter erhalten ſie außerdem noch gerade oder gebogene Flügelmauern, um gleichfalls die anſtoßenden Einſchnittsböſchungen zu ſtützen.

Dieſen Stirnmauern gibt man immer architektoniſche Verzierungen und nennt dieſelben dann die Tunnelfaçaden. Im Allgemeinen ſollen dieſe Tunnelfaçaden ein ziemlich maſſives Ausſehen haben, dabei doch von Einfachheit nicht beſonders abweichen und ſollen immer, ſelbſt wenn der Zweck nur ein ſcheinbarer iſt, ſich von demſelben nicht entfernen und denſelben erkennen laſſen.

Die Tafeln III, IV. zeigen eine Zuſammenſtellung von mehreren ausgeführten Tunnelfaçaden.

Für eine zweckmäßige Ableitung des Waſſers, welches ſich von der Stirnböſchung herab hinter den Façaden ſammelt, iſt beſonders zu ſorgen. Dieſes kann mit Anwendung von ſteinernen Rinnen, welche das Waſſer nach außen führen, ferner durch Abpflaſterung der Einſchnittsböſchung, endlich mit einer Asphaltüberdeckung der Nachmauerung der Façaden erreicht werden.

VI. Tunnelkosten.

a) Allgemeines.

Es dürfte kaum einen zweiten Zweig der Bautechnik als den des Tunnelbaues geben, bei welchen die Kosten einer Bauausführung so abhängig sind von einer richtigen und zweckmäßigen Leitung des Baues, von der steten unermüdlichen Aufmerksamkeit sowohl der Arbeiter als auch des bauleitenden Ingenieurs, endlich von der Zeit, binnen welcher der Bau zu Ende geführt wird.

Aus der Beschreibung der bei dem Tunnelbau vorkommenden einzelnen Arbeitsgattungen in den früheren Abschnitten geht genügend hervor, wie diese genau in einander greifen müssen, daß keine durch die andere beirrt werde und ein Bau gut und ohne herbeigeführte Hindernisse und Störungen zu Ende geführt werden könne; daß ferner eine Hauptbedingung für das Gelingen eines Baues die richtige Wahl der anzuwendenden Baumethode ist.

Verhältnißmäßig einen größeren Einfluß nehmen diese Bedingungen alle auf die Gesammtkosten des Baues. Durch ein nicht gehöriges Ineinandergreifen der Arbeiten und durch die daraus nothwendig entstehenden Störungen kann der Fall sich sehr bald ergeben, daß einzelne Arbeitsgattungen zeitweilig ganz sistirt werden müssen und daß ganze Arbeiterabtheilungen feiern oder nicht im Stande sind, die sonst mögliche Arbeit, welche ihrem Taglohne entspricht, zu leisten; welcher Fall, wenn er bei einem Tunnelbau öfter vorkömmt, ferner bei dem Umstande, daß der Taglohn für Tunnelarbeiter immer ein bedeutend erhöhterer als für andere Arbeiten ist, unbedingt eine Vermehrung der Kosten zur Folge haben muß.

Durch eine nicht gehörige Aufmerksamkeit der Arbeiter und des bauleitenden Ingenieurs durch zu geringe Würdigung von anscheinend

Mauerungsarten, ferner Dimenſionen der Bauten mit möglichſter Genauigkeit zuſammengeſtellt ſind, daß für einen gegebenen neuen Bau, wenn die Vorerhebungen genau gepflogen wurden, eine entſprechende Poſt gefunden und darnach die Koſten für eine approximative Berechnung erhoben werden können.

mt-Kosten der gewölbten Einschnitte fl.	kr.	mt-Kosten der Façaden fl.	kr.	Total-Kosten fl	kr.	Anmerkung
4.225	79	5.606	82	42.019	47	*Ausgabe für Beleuchtung.
798	47	3.086	47	77.922	36	* „ „
9.330	14	5.961	49	307.938	29	* „ „
18.417	25	6.881	15	199.817	75	* „ „
3.289	70	4.202	55	50.642	35	* „ „
236	89	2.337	60	30.043	96	* „ „
5 920	40	3.493	80	73.390	52	* „ „
fl. 36.388.39				740.973	88	* „ „
„ 13.350.42				180.519	49	* „ „
..	..	..	..	34.682	16	* „ „
5.932	53	13.959	90	167·822	24	
40.976	64	10.065	33	784.696	54	* „ f. Wiederherstellung eines Einsturzes.
..	..	5.692	33	116.349	51	
31.451	33	12.427	30	810.877	90	* „ „ des 8° lang. Tagbruches.
28.179	95	9.762	24	254.373	7	* „ „ „ 5° „ Einsturzes.
10.867	8	9.413	53	103.357	66	
12.973	81	2·535	69	710.803	65	
fl. 21.784.92				148.566	22	* „ „ des Einsturzes.
29.178	90	10.145	70	77.818	23	
57.416	36	9.120	10	139.928	81	* detto für Reconstructions-Arbeiten.
29.732	1	39.473	17	482.131	8	
6.132	..	24.959	24	570.881	72	
..	..	28.942	77	933.335	60	
fl. 35.244. 5				715.741	30	*Ausgabe für Auswechslung des Bruchstein-Gewölbes in Quader-Gewölbe. 22.° Länge. fl. 10.202.81 Bölzung. fl 46.404.85 Mauerung. fl. 638.92 Diverse.
„ 38.434 62				593.867	92	*Auswechslung des Bruchstein-Gewölbes in Quader-Gewölbe. 28° Länge. fl. 22.227.10 Bölzung, fl. 54.523.57 Maurung, fl. 1270.32 Diverse.
13.410	58	11.687	12	576.048	76	*Ausgabe f. Wiederherstellung d. 13° lg. Einsturzes.
..	..	21.123	40	761.553	97	* detto detto „ 7° „ detto
46.026	5	60.973	84	1,292.340	59	

rg

ähr

äng	rse		Gesammt-Betrag pr. Current-Klftr. Tunnel-Länge		Anmerkung
	Tu M ri	ten			
ent	Kld.	kr.	fl.	kr.	
0	2 7	32	1237	94	
2	4 14	18	853	70	
0	13 52	69	2112	82	
0	7 53	68	1615	92	
0	3 10	68	1288	6	
					* Ausgabe für Beleuchtung.
9	1 2	24	861	38	
9	3 17	97	889	92	
8	11 89	31	2959	45	
1	3 35	37	1096	78	
0	6	83	745	85	
5	11..	..	1247	81	
4	18..	..	3444	83	
1	10..	..	1053	70	
5	21280	25	3605	17	* Einsturz, 8 Klafter lang.
0	7475	78	2799	89	* „ 5 „
1	3..	..	2687	71	
1	27..	..	1748	76	
8	9..	..	1369	41	
0	3..	..	1262	8	
5	4..	.	1698	33	
0	12..	..	3357	12	
7	22..	..	2442	28	
9	27..	..	3076	44	
7	17555	65	3834	43	* Auswechslungs-Arbeiten, 22.4 Klafter Länge.
5	13786	45	4134	23	* „ „ 28 „
2	16288	30	3336	67	* Einsturz, 13 Klafter lang.
0	28583	9	2644	39	* „ 7 „
3	31..	..	3424	56	

Blechingley und Saltwood-Tunnel

der London-Dover Eisenbahn.

(Auszug aus der Beschreibung in Förster's Bauzeitung, Jahrgang 1848.)

Tafel VI.

Die beiden Tunnels führen den Namen der Pfarrei, in welcher sie gelegen sind. Ihre Längen sind für den Blechingley-Tunnel 1324 Yard (638.32 Klafter), für den Saltwood-Tunnel 954 Yard (459·97 Klafter), ihre Form ist eiförmig, deren Konstruktion in Tafel I ersichtlich ist, nur mit der Ausnahme, daß bei dem zweiten Tunnel die Pfeilhöhe des Sohlengewölbes statt 3′, 3′ 6″ ist.

Der Blechingley-Tunnel hatte zu seinem Aushubsmateriale den blauen Wealdthon, welcher getrocknet eine harte Schale bildet, die zur Bearbeitung größerer Massen Schießpulver erforderte, bei Aussetzung der Luft und Wasser aber beträchtlich anschwoll und auseinander fiel. Im Allgemeinen war der Druck des Bodens auf die Zimmerung sehr verschieden und in hohem Grade trügerisch; manchmal traf man auf einen Theil, wo sich der Grund gar nicht bewegte, ein andermal schien derselbe von einer Seite sich bewegen zu wollen, und drückte daher die Zimmerung auf die andere Seite. Diese Wirkung äußerte sich besonders in dem am tiefsten unter der Erdoberfläche gelegenen Theile. Der größte Druck fand an den beiden Tunneleingängen statt, wo sich die Oberfläche mehr der Aushöhlung näherte. Manchmal kam es vor, daß, nachdem eine Strecke ausgehöhlt war und die Maurer die Widerlager aufgemauert hatten, der Druck auf die Kronenbalken so zunahm, daß dieselben sich um ihre eigene Stärke 15″ einbogen. Demzufolge hatte man einigemal, wenn die Lehrgerüste aufgestellt waren, nicht mehr Raum genug für das Gewölbe; man mußte daher die Stützen wegnehmen, mehr Erde über den Kronenbalken ausgraben und höhere Stützen einbauen, was sehr viel Zeit und Kosten erforderte. Zur Beschleunigung der Arbeiten wurden 11 Schächte angelegt, deren größte Tiefe ungefähr 100′ betrug;

die Entfernung der Schächte von einander variirte zwiſchen 80 und 100 Fuß. Das Abteufen derſelben begann im Auguſt 1840; in der Mitte September hatten ſie die nöthige Tiefe für die Schachtſchwellen. Die weitere Abteufung mit ihrer Verzimmerung bis auf den Boden des Tunnels war Ende Oktober vollendet.

Der Saltwood-Tunnel iſt in die obern Theile der mittlern Lager des Untergreenſandes geöffnet und liegt ungefähr 90′ unter der Oberfläche des Terrains. Die genannten Schichten enthalten eine große Menge Waſſer, welches bei den Arbeiten viele Schwierigkeiten verurſachte.

Das Abteufen der Schächte, deren 12 in Entfernungen von 90 bis 100 Fuß angelegt waren, wurde im Juni 1842 begonnen. Die ausgegrabene Erde, ſowie das Sammelwaſſer, wurde anfangs mittelſt gewöhnlicher Haſpeln, an denen vier Mann arbeiteten, gefördert, doch nach einigen Wochen ſchon fingen die Arbeiten dadurch, daß man auf eine fließende Sandſchicht traf, der Art ſchwieriger zu werden an, daß dieſe einfache Förderungsart nicht mehr ausreichte und man gezwungen war, Pferdegöpel mit 100 Gallonen (14 Kub.′) enthaltenden Fäſſern einzurichten. Aus jedem Schachte wurden anfangs durchſchnittlich 700 Gallonen (98 Kub.′) Waſſer in der Stunde gezogen; oft ſtieg dieſe Waſſermenge bis auf 1600 Gallonen (224 Kub.′). Anfänglich gingen auch große Mengen Sand mit herauf; dieß wurde jedoch ſpäter dadurch verhindert, daß man die Fugen der Auszimmerung ſorgfältig mit Stroh verſtopfte. Ende Auguſt betrug die aus jedem Schachte geförderte Waſſermenge per Stunde 32,300 Gallonen (322 Kub.′), wobei etwa ½ Kubik-Yard (24·18 Kub.′) Sand war.

Außer der großen Menge Waſſer zeigte ſich auch in den Schächten 10 und 12 Stickluft, welche das Brennen der Lichter verhinderte; es wurden daher oben an den Schachtöffnungen Ventilatoren errichtet, welche mittelſt Röhren den Arbeitern Luft zuführen mußten.

Die Arbeitsſchächte in beiden Tunnels ſind kreisrund mit Ziegeln ausgemauert, ſtehen ſenkrecht über dem Schluß des Tunnelgewölbes, und haben im Lichten einen Durchmeſſer von 9 Fuß und 9 Zoll Ziegelſtärke.

Bevor man jedoch die Arbeiten begann, wurden bei jedem Tunnel je zwei Probeſchächte zur Unterſuchung des Materiales abgeteuft. Dieſe Probeſchächte wurden ſo angelegt, daß dieſelben für die künftigen Arbeiten benützt werden konnten, und ſie hatten im Lichten 6′ Durchmeſſer und 9″ Ziegelſtärke. Beim Abteufen eines dieſer Schächte bei dem Blechingley-Tunnel ſtieß man in einer Tiefe von 40 Fuß auf eine ſo große Waſſer-

quantität, daß es nicht möglich war weiter fortzuarbeiten. Es wurde etwas Erde in den Schacht geworfen, damit das heftige Eindringen des Wassers dem Mauerwerk nicht schaden konnte, und vorläufig die Arbeit daselbst ganz eingestellt. Man hoffte bei einem zweiten Schachte, welchen man um 110 Yard östlich trieb, glücklicher zu sein. Obgleich man auch hier mit viel Wasser zu kämpfen hatte, so gelang es doch, einige Tiefe zu erreichen und durch fleißiges Schöpfen den Wasserstand nicht nur in dem einen, sondern auch in dem verlassenen Schacht zu vermindern. Nachdem man dieß bemerkt, wurde in beiden Schächten zugleich Wasser geschöpft, wodurch es möglich war, diese auf ihre ganze Tiefe abzuteufen.

Die eigentliche Arbeit des Abteufens war bei allen Schächten gleich und geschah durch Versenken des Mauerwerkes. Bei dem Blechingley geschah die Versenkung des Mauerwerkes unmittelbar, d. h. indem das Mauerwerk blos auf einem Schachtkranz aufruhte und unter diesem das Erdreich ausgehöhlt wurde. Bei dem Saltwood-Tunnel wurde die Versenkung mit Hilfe einer Trommel, auf welche das Mauerwerk aufgesetzt wurde, bewerkstelligt. Durch stetes Unterminiren der Trommel senkte sich dieselbe sammt dem Mauerwerk durch das eigene Gewicht, worauf sogleich oben neues Mauerwerk aufgesetzt wurde.

In gewissen Abständen befanden sich, um ein solideres Zusammenhalten bei dem Versenken zu erzwecken, zwischen dem Mauerwerk eichene, 3 Zoll starke Ringe. Der unterste Ring hatte eine Stärke von 4 Zoll, und lag, nachdem der Schacht vollkommen abgeteuft war, auf einem starken viereckigen eichenen Rahmen.

Die Ausmauerung der Schächte reichte bis auf 3 Fuß ober den Schluß des Tunnelgewölbes, woselbst dasselbe auf Schachtschwellen oder mittelst Hängeruthen gehaltenen Rahmen auffitzt. Von dieser Stelle an abwärts, bis auf einige Fuß unter der Sohle des Tunnels, wurden die Schächte mit viereckigen Rahmen, Stützen und Verpfählung verzimmert.

Da das Schachtmauerwerk während der Ausgrabung des Tunnels seiner Unterstützung beraubt wurde, da die Schachtschwellen unter dem untersten Ring kein Auflager mehr fanden, so war es nöthig, dem Mauerwerk so lange noch eine neue Unterstützung zu geben, bis das Tunnelmauerwerk vollendet und alsdann durch die Verbindung beider Mauerwerke eine solide Unterstützung geschaffen war. Diese provisorische Unterstützung wurde auf zweierlei Art bewirkt: einmal mittelst Schachtschwellen, indem man nämlich unter den untersten Ring einen 15″ starken Rahmen legte, und diesen auf zwei 34′ (32′·7 öst.) langen, 15″

ſtarken Schwellen, die rechtwinkelig zur Tunnelaxe ſtehen, aufruhen ließ, wie die Figuren 13 und 19 zeigen, wo a die an zwei Punkten zuſammengeſetzten Schwellen, b den Rahmen bedeutet, oder auch, wie Fig. 15 zeigt, wo das Schachtmauerwerk mit dem Tunnelmauerwerk bereits verbunden iſt; ſodann mittelſt Hängeruthen oder Hängeketten, an welche man den unterſten Rahmen des Schachtes anhängte. Die letztere Art der Unterſtützung mußte öfters in jenen Schächten des Saltwood-Tunnels angewendet werden, in denen man auf fließenden Sand ſtieß, auf welchem die Schachtſchwellen kein feſtes Lager gehabt hatten. Bei dem Blechingley-Tunnel konnte man bei allen Schächten die Schwellen anwenden; denn hier kamen dieſelben auf den harten blauen Thon zu liegen.

Die Art der Auszimmerung des untern Theiles eines Schachtes iſt aus der Zeichnung Fig. 19 erſichtlich. Die einzelnen Rahmen liegen 6′ von einander entfernt, die Zuſammenſetzung der Rahmenſtücke iſt aus den Fig. 12 und 19 zu erſehen. Anfänglich wollte man die Auszimmerung nur bis auf die Sohle des Tunnels gehen laſſen, allein ſpäter erwies es ſich nöthig, noch 6′ weiter hinab zu graben und ſomit einen Sumpf zur Anſammlung der Wäſſer zu bilden.

Dieſe Vertiefung der Schächte war mitunter äußerſt ſchwierig, da man auf eine Schicht von ſchwärzlichen ſandigen Thon traf, welcher wie eine breiartige Maſſe zerfloß. Als man einſah, daß mit der gewöhnlichen Art der Ausgrabung nichts ausgerichtet werden konnte, wurde folgendes Verfahren eingeleitet: Es wurde aus 4 Bohlen ein 9″ hoher viereckiger Rahmen gebildet und in den Boden eingeſtoßen. Nachdem dieſes geſchehen war, hob man das Material innerhalb des Rahmens aus und ſchaffte es mit Kübeln fort. Nun ſtellte man einen zweiten ähnlichen Rahmen auf den erſten und rammte beide gleichzeitig wieder in den Boden, hob abermals das Material aus, ſetzte einen dritten Rahmen u. ſ. f., bis die hinreichende Tiefe des Sumpfes vorhanden war.

Nach dem Maße, wie die Verzimmerung des Schachtes vorrückte, wurde auch der Sumpf weiter hinabgetrieben.

Als die Schächte vollendet waren, fing man mit dem Eintreiben eines Richtungsſtollens an. Derſelbe war in der Axe des Tunnels an der Sohle desſelben gelegen, hatte eine lichte Höhe von 4′ 8″; die untere Breite 3′, die obere Breite 2′ 7″. Die Auszimmerung dieſes Stollens war eine Thürſtockzimmerung mit Kappen, Säulen und Schwellen, der Vorgang mittelſt der Getriebezimmerung, bei welcher die Sohle des Stollens gleichfalls verpfählt werden mußte, und außerdem noch ſämmtliche Fugen mit Stroh verſtopft wurden. Die Entfernung bei

einzelnen Geſpärren betrug 2 bis 3 Fuß, je nach der Art des Bodens. Die Kappen und Säulen hatten eine Stärke von 5 bis 6″, die Grundſchwellen 4″, die Pfähle waren ¾- oder 1zöllig.

Zu gleicher Zeit, nachdem die Schächte abgeteuft waren, wurden mit dem Treiben des Richtſtollens auch die Ausgrabungsarbeiten für den Tunnel ſelbſt begonnen. Die erſte Arbeit, welche an jedem Schachte vorgenommen wurde, war die Wegnahme einiger Pfoſten der Schachtzimmerung in der Höhe des Scheitels der Tunnelausgrabung, um von demſelben einen Kopfſtollen nach vor- und rückwärts treiben zu können.

Dieſer Kopfſtollen wurde 12′ lang getrieben, hatte eine Breite von 3′ und eine Höhe, daß ein Mann bequem aufrecht darin gehen konnte. Die Unterſtützung des Firſtes dieſes Kopfſtollens geſchah mittelſt zweier Kronenbalken und der dahinter geſteckten Pfahlbreter. Die Mittelkopfbalken wurden auf einer Seite von der Schachtzimmerung, auf der andern Seite von einem proviſoriſchen Stempel getragen. Nachdem dieß geſchehen war, erweiterte man den genannten Kopfſtollen nach einer Seite hin auf ſeine ganze Länge von 12 Fuß zur Aufnahme des erſten Kronenbalkens und ſchob dahinter die zweite Reihe von Pfahlbretern ein; das Gleiche geſchah ſodann auf der zweiten Seite des Kopfſtollens. Die Unterſtützung dieſer erſten Kronenbalken war, ſo wie die der Mittelkopfbalken, vorläufig eine proviſoriſche.

In der gleichen Art, wie eben angegeben wurde, legte man auch die übrigen Kronenbalken ein und unterſtützte dieſe proviſoriſch durch Stempel, die alle auf die gleiche Tiefe in den Boden hinabgingen, damit ſie ſpäter alle auf eine gemeinſchaftliche Schwelle aufgeſetzt werden konnten. Zwiſchen die Kronenbalken brachte man die Sproſſen S S, Fig. 16 und 20. Die Kronenbalken F ſind etwas länger als 12′ die beſtimmte Länge des Backſteinwerkes, damit die proviſoriſchen Stützen G das Einlegen der Schwelle A und das Einſetzen der definitiven Stützen H H nicht verhindern. Dieſe Stützen, ſo wie alle Hölzer unter einander, ſind an die Kronenbalken und an die Schwelle mittelſt ſtarker eiſerner Klammern befeſtigt.

Auf gleiche Weiſe, wie die Schwelle A, wurde auch die vordere Schwelle D eingeſetzt, um den definitiven Stützen J als gemeinſchaftliche Unterlage zu dienen.

Es wurde im Vorhergehenden erwähnt, daß die an den Schacht anſtoßenden Enden der Kronen- und Mittelkopfbalken von der Schachtzimmerung getragen wurden; dieß konnte jedoch nur auf ganz kurze Zeit,

und öfters, wenn der Boden sehr schlecht war, gar nicht geschehen, sondern es mußten die besagten Balkenenden sobald wie möglich ihre eigene definitive Unterstützung erhalten.

Nachdem beide Schwellen A und D gelegt waren, brachte man die Spannbalken M zwischen dieselben, und stemmte gegen die vordere Schwelle D einige Streben L, Fig. 19.

Somit war der obere Theil der Auszimmerung beendigt und man ging nun an die Ausgrabung des mittlern Theiles der ersten Tunnellänge. Zu diesem Behufe trieb man wieder einen etwa 3′ weiten Mittelgang und erweiterte hierauf denselben nach beiden Seiten hin, indem man immer wieder die Schwellen A und D provisorisch stützte, bis der ganze mittlere Raum ausgehöhlt war und zwei weitere Mittelschwellen C und E senkrecht unter die Schwellen A und D eingelegt werden konnten. Zwischen die Schwellen wurden dann die definitiven Stützen P gebracht, ebenso waren auch zwei Spannbalken M und einige Streben L zur Vollendung dieses mittlern Theiles der Auszimmerung erforderlich.

Daß die Schwellen jedesmal aus zwei Stücken zusammengesetzt wurden, zeigen die Zeichnungen. In allen Fällen, ausgenommen wenn der Boden sehr gut war, mußte auch hinter den Stützen G und K eine Verpfählung hergestellt werden, Figur 19. Oefters, besonders bei dem Saltwood-Tunnel, wurde noch eine dritte Schwelle gelegt.

Nachdem nun auch die unteren Schwellen C und E gelegt waren, ging man an die Ausgrabung des untern Theiles, wobei man in der Regel mit weniger Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Es wurde wieder mit dem Eintreiben eines Mittelganges, welcher nun mit dem früher erwähnten Richtungsstollen zusammenfiel, begonnen, welcher alsdann nach beiden Seiten hin erweitert und wobei die Mittelschwellen C und E durch Säulen unterstützt wurden.

Sobald nun diese erste Tunnellänge von 12′ an den Schächten vollkommen anpassend ausgearbeitet und verzimmert war, wurde mit der Ausmauerung derselben begonnen. Das Mauerwerk wurde von Backsteinen in einzelnen Ringen hergestellt und erhielt je nach Beschaffenheit des Terrains eine Stärke von 2, 2½ bis 3 Fuß und im Sohlengewölbe eine Stärke von 2½ Fuß.

Die Mauerung begann, nachdem die Grundchablone gehörig eingerichtet und befestigt war, am Schlusse des Sohlengewölbes, worauf dann die beiden Widerlager und zuletzt das obere Gewölbe aufgeführt wurden. Zur Ausführung des Gewölbes wurden je 3 Lehrbögen, wie in den Figuren 12 und 13 ersichtlich ist, aufgestellt. Auf ein regelmäßiges

gutes Mauerwerk mit ganz gleichförmigen radialen Fugen wurde vorzüglich gesehen, zu welchem Zwecke auf den einzelnen Grund- und Seitenchablonen, ferner auf den obern Lehrbögen die Fugen eingetheilt und mit schwarzen Strichen bezeichnet waren.

Bei dem Vorrücken der Widerlagsmauern nahm man die Balken der Zimmerung, sowie die Verpfählung nach und nach weg. Die hinter den Mauern entstandenen leeren Räume wurden theilweise mit Mauerwerk, theilweise mit gestampfter Erde ausgefüllt. Bei der Mauerung des obern Gewölbes war es auch Regel, die Kronenbalken und Verpfählung bis auf eine bestimmte Höhe herauszunehmen (am obersten Schluß des Gewölbes mußten diese immer vermauert werden); allein auch dieß ging nicht immer, indem der Erddruck auf dieselben zu stark war und sie oft eingebaut werden mußten.

Die Herausnahme der Balken geschah im Allgemeinen auf folgende Art: Das Backsteinwerk wurde so nahe als möglich gegen den Balken gebracht, mit demselben die Verpfählung geschützt, und es konnte ungefährdet dieser Kronenbalken entfernt werden. Weiter gegen den Scheitel des Gewölbes hin mauerte man kleine Aufsätze, Figur 18, welche die Verpfählung unterstützten, damit die Kronenbalken hervorgezogen werden konnten.

Die nächste Arbeit, nachdem die erste Seitenlänge von 12′ vollkommen geschlossen war, bestand in der Ausgrabung, Auszimmerung und Mauerung der Schachtlängen, d. h. derjenigen Theile des Tunnels, welche unmittelbar unter den Schächten liegen. Dabei fing die Ausgrabung an mit der Erweiterung des Schachtes vom First des Tunnelprofiles abwärts gegen die Sohle zu. Die Schachtzimmerung, welche nach dieser Ausgrabung isolirt stand, wurde nun weggenommen; damit aber dadurch nicht das ganze Gewicht des Schachtes, bei dem Blechingley-Tunnel auf die Schachtschwellen, bei dem Saltwood-Tunnel auf die Hängeruthen wirkte, so brachte man weitere Stützen a′a′, Figur 12, an, womit man den über dem Tunnel liegenden Rahmen des Schachtes auf die verlängerten Kronenbalken C C stützte.

Die Art der Auszimmerung einer Schachtlänge war äußerst einfach, indem nämlich die Kronen- und Seitenbalken an die beiden fertigen Ausmauerungen angelegt und gleichzeitig die Pfähle eingeschoben wurden, wie die Figur 12 zeigt. B B sind die Kronenbalken, S S S die Bolzen zum Auseinanderhalten derselben, A A′ die fertigen Seitenlängen, welche durch die Schachtlänge verbunden werden sollen.

Nach dem, was früher über die Ausführung des Mauerwerkes der Seitenlängen gesagt wurde, bleibt wenig mehr über das der Schachtlängen zu erwähnen. Die Sumpflöcher wurden vor Allem mit Erde oder Beton je nach Bedürfniß ausgefüllt und das Sohlengewölbe hergestellt. Hierauf führte man die Widerlager und nach diesen das Gewölbe auf. Zum Einwölben des Bogens wurden 4 Lehrgerüste a a a a, Fig. 14, aufgestellt. Während der Einwölbung wurde gleichzeitig die Verbindung mit dem Schachtmauerwerk hergestellt, wozu man entweder eigens geformte Ziegel oder gußeiserne Ringe brauchte, welche die unmittelbare Verbindung beider Mauerwerke bezweckten.

Die Kronenbalken der Schachtlängenzimmerung mußten, da auf denselben theilweise die Schachtzimmerung lag, und außerdem diese einen bedeutenden Druck auszuhalten hatten, eingemauert werden. Während der Mauerung der Schachtlängen blieben die beiden anstoßenden Seitenlängen eingerüstet. Von den 10 Lehrbögen (3 in jeder Seitenlänge, 4 in der Schachtlänge) wurden in der Folge 5 für die eine, und 5 für die andere Seite verwendet, und zwar der Art, daß je 3 auf der neu herzustellenden folgenden Seitenlänge und je 2 in dem anstoßenden Gewölbe stehen blieben. Fig. 17.

Bevor man eine folgende Seitenlänge anfing, legte man 2 kleine Eisenbahnen auf den Boden des fertigen Tunneltheiles, um auf der einen das ausgegrabene Material wegführen, auf der andern die nöthigen Baumaterialien herbeischaffen zu können.

Die Ausgrabung der weitern Längen, welche nun in Angriff genommen wurden, ist ganz dieselbe, wie früher für die ersten Seitenlängen angegeben wurde, nur mit dem Unterschiede, daß die Kronenbalken nicht an beiden Enden eigene Stützen erhielten, sondern nur an den gegen die hintere Wand der Ausgrabung befindlichen, indem die vorderen Enden auf dem fertigen Mauerwerk ihr Auflager fanden. Es wurde abermals mit dem Ausgraben eines Kopfstollens begonnen, dieser nach und nach erweitert und sodann bis auf die Tunnelsohle vertieft.

Das Gleiche gilt auch über die Art der Herstellung des Mauerwerkes für die Seitenlängen. Es wurde mit dem Schluß des Sohlengewölbes begonnen und mit dem Schluß des obern Gewölbes geschlossen.

In der beschriebenen Weise führte man die Tunnels in den einzelnen Längen aus, indem man letztere 9, 10 oder 12′ lang machte, je nach der Beschaffenheit des Bodens. Da von jedem Schacht gleichzeitig nach beiden Richtungen hin gearbeitet wurde, so stießen die Arbeiten in

der Mitte zwiſchen 2 Schächten zuſammen. Man ſuchte es immer ſo einzurichten, daß zwiſchen den Enden der fertigen Tunneltheile noch ein Raum von 9 bis 12′ Länge blieb, damit gerade durch das Einſetzen einer Länge, die Verbindungslänge genannt, das Ganze geſchloſſen würde.

Die Art der Auszimmerung und Ausmauerung einer Verbindungslänge war ganz dieſelbe, wie die einer Schachtlänge, wobei die Kronenbalken eingemauert werden mußten.

Tunnel bei Kilsby

der London-Birminghamer Eisenbahn.

(Beschrieben in dem Werke über Tunnelbau von Emil Leo. I. Seite 103.)

Tafel IX.

Derselbe ist für eine doppelte Bahn berechnet, hat 23 Fuß lichte Weite und 21 Fuß lichte Höhe, erstere der größten Dimensionen nach und letztere von der Ebene der Bahnschienen bis zum Schlusse des Gewölbes gemessen; seine ganze Länge beträgt 600 Ruthen. Fig. 1 versinnlicht die Form des Profiles dieses Tunnels. Nach der ganzen Länge des Tunnels liegt auf einer niedern Mauerschicht eine Quadersteinschicht a′ b′ c′ d′ e′, deren einzelne Stücke fünfseitige Prismen sind, wovon die horizontale Seite a′ b′ auf dem untergebauten Mauerwerke ruht, die vertikale Seite b′ c′ hilft die hintere Fläche der Widerlager bilden, die Seite a′ e′ dient als Anlauf für das umgekehrte Gewölbe der Sohlenmauerung, die Seite c′ d′ als Anlauf für die ebenfalls bogenförmig aufgeführten Widerlager, d′ e′ aber, als fünfte Fläche, liegt in der Krümmungslinie der Sohlenwölbung. Die Sohlenwölbung ist durch eine Schuttausfüllung in der Mitte bis 3 Fuß hoch ausgefüllt, dieselbe horizontal abgeglichen und in dieselbe die Bahnschwellen eingelegt. Nach der ganzen Länge des Tunnels ist zwischen den zwei Schienengeleisen eine gußeiserne Rinne in die Schuttausfüllung eingelassen, deren Seitenwände gitterartig durchbrochen sind, damit sich das Wasser darin sammeln und abfließen kann. Diese Rinne ist mit Backsteinen zugedeckt und dient zugleich als Trottoir. Das ganze Tunnelgewölbe besteht, außer den a′ b′ c′ d′ e′ bezeichneten zugerichteten Sandsteinen, aus Backsteinen, ist in der Sohle 2 Fuß, in den Widerlagern und in dem Firstgewölbe aber 3 Fuß stark.

In der ganzen Länge dieses Tunnels sind 14 Schächte vertheilt, wovon zwei jeder sechzig Fuß Durchmesser und zwölf jeder acht Fuß Durchmesser haben. Erstere sind ein Drittel der ganzen Länge des Tunnels von einander entfernt, stehen also von den Endpunkten ebenfalls um ein

Drittel der Länge ab; letztere sind in den bleibenden Zwischenräumen gleichweit von einander entfernt vertheilt. Die kleinen Schächte durchdringen das Gewölbe des Tunnels, und ihr Mauerwerk ruht auf dem Gewölbemauerwerk desselben; g' Fig. 1 zeigt eine solche Schachtaufstellung, wobei a b und b c die vier gußeisernen Stücke vorstellen, die zusammen mit ihren innern Flächen einen 8 Fuß weiten Ring, und mit ihren nach der Richtung der Schaaren des Gewölbemauerwerkes laufenden Flächen zusammen einen Keil bilden, welcher als Auflager der Schachtmauerung dient. Der tiefste dieser Schächte mißt 130 Fuß. Die großen Schächte greifen mit ihrer Mauerung über die Gewölbemauerung des Tunnels hinaus.

Die Tunnelarbeiten wurden nicht nur vom Anfangs- und Endpunkte aus, sondern auch von mehreren zwischenliegenden Schächten gleichzeitig begonnen. Das Gebirge bestand in dem größten Theile der Tunnellänge aus sehr festem Lehmboden; nur an einer einzigen Stelle des Tunnels traf man auf Sand und Gries, welcher mit so viel Wasser geschwängert war, daß mehrere Dampfmaschinen erforderlich waren, um das Wasser zu bewältigen.

Das Arbeitsverfahren selbst war folgendes:

Die Ausgrabung des Tunnels wurde jedesmal auf 10 Fuß Länge in Arbeit genommen; zuerst wurde beim Schluß des Gewölbes A B C D der Anfang gemacht, Fig. 2, und blos die obere Fläche der Ausgrabung gestützt. Zu diesem Behufe legte man auf die Sohle der Ausgrabung an ihren beiden Enden die Schwellen a, stellte auf diese die Stempel b und c, und stützte mittelst dieser die beiden Enden der Kronenbalken c und d, hinter denen die Verpfählung e und f eingeschoben und mittelst Keilen fest an die Fläche der Firste angedrückt wurde.

Nach Vollendung dieser Zimmerung ward die Ausgrabung auf beiden Seiten dieses getriebenen 10 Fuß langen Stollens fortgesetzt, bis die Räume A D E und B C T, Fig. 3, in der gleichen Länge ausgearbeitet waren. Nach geschehener Ausgrabung wurden die in Fig. 2 gelegten Schwellen a ausgewechselt und durch neue g, welche über die ganze Breite der Ausgrabung reichten, ersetzt. Auf diese neuen Schwellen wurden nun wieder wie früher die Kronenbalken und die dahinter geschobene Verpfählung mittelst Stempel h und i an ihren beiden Enden unterstützt, und auf diese Art der Raum E F C D vollkommen verzimmert. Nachdem dieß geschehen, begann die Ausgrabung des mittlern lichten Tunnelraumes auf eine Tiefe von der Schwelle herab bis zu $^1/_3$ der Höhe der Widerlager. Die Arbeit begann in der Achse des Tunnels

mit einer Breite, daß die früher verwendeten Schwellen Fig. 2 a. genau den Aushub ausfüllten, und auf dieſe Weiſe wieder verwendet werden konnten. Dieſelben kamen auf die Sohle GH, Fig. 3, genau unter die Schwellen g zu liegen und dienten als Unterlage für die Stempel r und s, welche die obern Geſtelle zu tragen hatten. Hierauf wurde dieſe Ausgrabung nach beiden Seiten erweitert, bis man damit in die hintere Flucht der Widerlagsmauern E I und F K, Fig. 4, gelangte. Man wechſelte nun die früher gelegten Schwellen gegen neue t, welche über die ganze Breite der Ausgrabung reichten, aus, und ſtellte darauf mittelſt der Stempel r und s die obere Zimmerung. Dieſe Schwellen t hatten zugleich die Aufgabe, die beiden Bronenbalken u ſammt den dahinter geſchobenen Verpfählungen zu ſtützen und an die Tunnelwände zu drücken. Ganz auf dieſelbe Art wurde nun die Ausgrabung und Zimmerung noch in zwei Stroſſen abgetheilt und bis zu einer Tiefe fortgeſetzt, welche für die Legung des Sohlenmauerwerkes bedingt war. Figur 4 zeigt die vollendete Zimmerung des ganzen Tunnelprofiles. Die einzelnen Geſpärre wurden in ihren normalmäßigen Stellungen erhalten, indem an die einzelnen Schwellen je 5 Schubſpreizen und zwar je zwei nach vorne und je zwei nach rückwärts geſtellt wurden. Die Kronenbalken waren durch Sproſſen von einander gehalten und dadurch eine Spannung erzielt worden. Die einzelnen Holztheile unter einander wurden durch eiſerne Klammern verbunden

Hierauf begann die Aufführung des Mauerwerkes, zu welchem Zwecke an die Zimmerung der Ausgrabung die Lehre x, Fig. 5, befeſtigt wurde, welche den Arbeitern die Form, Fugeneintheilung und Richtung der Lagerflächen für das Sohlengewölb- und Widerlagsmauerwerk anzeigt. Zuerſt wurde das Sohlenwerk hergeſtellt, ſodann die durch die unterſte Schwelle geſtützten Unterzüge und die letzte Verſchalung ausgeſchlagen und hiernach die Aufmauerung der Widerlager bis zur vorletzten Schwelle an beiden Seiten fortgeſetzt. Sobald man in dieſe Höhe gekommen war, ſpreizte man das hergeſtellte Mauerwerk mittelſt der Balken z und z′ ab, die mit ihrer Stirne den Unterzug a′ feſt an das Mauerwerk andrückten und dasſelbe gegen den Seitendruck ſtützten. Hierdurch war es möglich, den Kronenbalken der vorletzten Schwelle und die darüber und über u aufliegende Verſchalung beſeitigen zu können. Hier wurde nun wieder die Spreizung des fertigen Mauerwerkes durch die Balken b′ und b″ Fig. 6, und c′ und c″ vorgenommen, der überflüſſige Kronenbalken u und die Verſchalung p weggenommen, die Mauerung bis zum Gewölbeanlauf fortgeſetzt und abermals durch die Balken c′ und c″, f′, f″

und g' gespreizt. Hierauf wurde zur Ausführung des Gewölbemauerwerks geschritten.

Zu diesem Ende stellte man auf die Länge des herzustellenden Gewölbes von 10 Fuß drei Lehrgerüste auf, welche gehörig durch Stempel k l m unterstützt wurden. Nachdem die Unterzüge d c' c' d und die Verschalung f e f e herausgeschlagen waren, ging die Ausmauerung vor sich. Man wechselte hierzu das Lehrgerüste i' und i'', dem Fortgang der Mauerung angemessen, theilweise, und beseitigte eben so theilweise die Unterzüge und Verschalung von der Stützung des Gewölberaumes, da das hergestellte Mauerwerk mit Hilfe des Lehrgerüstes die Stützung vertreten mußte. Der Schluß des Gewölbes mußte ebenfalls theilweise und mit Mühe durch Hineinschieben des Schlußsteines bewirkt werden. Die ganzen oben beschriebenen Arbeiten wurden unter zwei Arbeiterabtheilungen vertheilt; die eine Abtheilung besorgte die Ausgrabung und Unterstützung des ausgegrabenen Raumes durch Zimmerung, die zweite brachte die Lehrgerüste ein und besorgte die Ausmauerung. Die Anzahl beider Arbeiterabtheilungen war so bemessen, daß beide immer zu gleicher Zeit einen Theil ihrer Arbeiten vollbracht hatten, und daß, wenn die Ausgrabung um 10 Fuß vorgeschritten war, die Mauerung in diesem neuen Raume nachrückte; die Zimmerung und Lehrgerüste wurden immer wieder auf's Neue verwendet. Das ausgegrabene Material sowohl als die zu verwendenden Materialien wurden theils durch die Tageöffnungen des Tunnels, theils durch die Schächte mit Pferde- oder Dampfkraft ein- und ausgefördert.

Die großen, 60 Fuß im Durchmesser haltenden Ventilationsschächte wurden von oben begonnen, und die Ausgrabung und Ausmauerung folgendermaßen bewirkt: Das Gebirge, in welchem gearbeitet wurde, war, wie schon erwähnt, verhärteter Lehm, und man vollbrachte vor Allem dessen Ausgrabung auf gewöhnliche Art im ganzen Umfange des Schachtes bis zu jener Tiefe, bei welcher die Mauerung noch ohne Unterstützung des Erdreiches ausgeführt werden konnte. Die Fortsetzung des Schachtes geschah durch theilweise Unterfangung des Mauerwerkes, indem man an vier oder fünf verschiedenen Punkten des Schachtumfanges die Ausgrabung bis an die äußere Peripherie des Mauerwerkes vollbrachte und daselbst das Mauerwerk in Schichten von 6 bis 8 Fuß Höhe aufführte, währenddem an andern Stellen die Ausgrabung unterlassen und das Erdreich als Unterstützung der Mauer noch stehen blieb. Als diese erste theilweise Mauerung vollbracht war, wurde auch die in den Zwischenräumen stehen gebliebene Erde ausgegraben und die Aus-

mauerung daſelbſt ebenfalls in gleicher Höhe nachgeholt, ſo daß dadurch wieder der ganze Umfang des Schachtmauerwerkes geſchloſſen wurde. Zur Herausförderung der Berge und zur Zuförderung des Mauermateriales wurden mit Dampfmaſchinen betriebene Aufzugsvorrichtungen und Hilfseiſenbahnen angewendet. Bei den kleinern Schächten hatte man Pferdegöpel angelegt.

Der ausgegrabene Lehm lieferte ſogleich ein ſchönes Material zur Ziegelbereitung. Da der Ziegelbedarf ſehr groß war, ſo wurde durch die Bereitung derſelben an Ort und Stelle ungemein viel gewonnen. Die angelegten Dampfmaſchinen ſetzten Quetſchwerke für Zubereitung des Thones in Bewegung und beſchafften das nöthige Waſſer aus den Schächten. Die Ziegel wurden alle in freien Haufen gebrannt.

Wie ſchon erwähnt, wurde mit dieſem Tunnel ein Stück ſchwimmendes Gebirge durchfahren und beſonders hatte der Ausbau der kleinern Schächte mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen. Sobald man mit der Schachtmauerung auf lockern Boden kam, der das Verſinken desſelben fürchten ließ, ſo wurde dem Mauerwerk ein hölzerner Roſt untergelegt, welcher durch mehrere eiſerne Stangen mit einem über der Schachtöffnung gelegten Holzgerippe verbunden und auf dieſe Art das Mauerwerk aufgehängt wurde. Hierauf erfolgte die Fortſetzung der Ausgrabung und Auszimmerung, und in einer der Beſchaffenheit des Materiales entſprechenden Tiefe kam neuerdings ein Roſt unter das Mauerwerk zu liegen, zu welchem Behufe die eiſernen Stangen bis zu dieſem Roſte verlängert, und dadurch wiederum die ganze Maſſe des bis dahin vollendeten Mauerwerkes aufgehängt wurde.

So wurde fortgefahren, bis man auf feſten Grund gelangte und dieſe Maßregel nicht mehr nöthig war. Bei noch ſchlechterer Beſchaffenheit des Gebirges bediente man ſich bei Schächten, die blos für die Arbeit des Tunnelbaues eröffnet und ſpäter wieder verſchüttet wurden, hölzerner Senkzimmer. Man fertigte nämlich Holzkränze aus kreisförmig ausgeſchnittenen Bohlenſtücken, und nagelte über die äußere Peripherie derſelben Bohlenwände auf, wodurch ein hohler Cylinder gebildet wurde. Dieſen Cylinder ſtellte man über dem Orte, wo der Schacht ausgeführt werden ſollte, auf, und grub innerhalb und unter den Wänden desſelben das Erdreich aus, wonach er ſich, theils durch ſein eigenes, theils durch aufgelegtes Gewicht, nach Maßgabe des Vorwärtsſchreitens der Ausgrabung, einſenkte und die Wände des letztern ſtützte. War ein ſolcher Cylinder bereits ganz eingeſenkt und dauerte die lockere Beſchaffenheit des Grundes noch fort, ſo wurde ein zweiter

auf den erſten aufgeſtellt und die Arbeit wie zuvor fortgeſetzt, bis man einen, einem andern Arbeitsgange entſprechenden Baugrund fand.

Eine Bauſtelle wie die des Tunnels bei Kilsby bildet eine Muſterkarte von Hilfsmitteln bei Tunnelaufführungen dar. Es waren 15 Hilfsdampfmaſchinen auf dem 600 Ruthen langen Bauplatze aufgeſtellt. Bei dem Bau eines Tunnels iſt die größte Arbeitsthätigkeit im Innern der Erde befindlich, auf der Oberfläche ſieht man nur die Beiſchaffung der Materialien und Ausförderung der Berge. Bei dieſem Baue waren in ſo kurzen Abſtänden 15 Dampfmaſchinen hinter einander aufgeſtellt und in voller Thätigkeit, und es ſchien, als wären zur Ausführung dieſes großartigen Baues alle Menſchen- und Thierkräfte entbehrlich; jedoch beſteigt man durch einen 130 Fuß tiefen Schacht das Innere des Tunnelraumes, an deſſen Erweiterung gearbeitet wird, ſo ſieht man, in welch großer Maſſe dennoch die Kraft und Geſchicklichkeit des Menſchen in Anſpruch genommen wird.

Bau der Tunnels

bei dem Marnn-Rhein-Kanale.

(Beſchrieben in Hagens Waſſerbaukunſt, 2. Theil, 3. Band.)

Tafel IX.

Bei dem Bau dieſer Tunnels wurde eine Methode gebraucht, mittelſt welcher zuerſt das obere Gewölbe ausgebrochen und ausgemauert, nachträglich die Widerlager abgeteuft und aufgemauert wurden. Das Materiale der zu durchbrechenden Gebirge beſtand aus ziemlich feſtem Geſteine, welches keiner vollſtändigen Zimmerung, ſondern nur einer Abſteifung und Verſtrebung bedurfte.

Die in den Figuren 7, 8, 9 und 10 dargeſtellten Querſchnitte zeigen den Bau in den verſchiedenen Bauperioden. In Fig. 7 iſt durch die punktirten Linien zwiſchen den beiden mittleren Streifen der erſte Stollen mit ſeiner Abſteifung angegeben, der durch das Gebirge getrieben wurde. Darunter befand ſich der mit einem ſtarken Gefälle verſehene und gleichfalls leicht abgeſteifte Graben, der zur Abführung des Waſſers diente.

Von dieſem Stollen aus erweiterte man die Oeffnung und ſtellte den ganzen zu überwölbenden Raum dar, indem die nöthigen Abſteifungen angebracht waren. Figur 8 zeigt einen Lehrbogen. Man ſtellte deren eine ganze Reihe hintereinander auf, jedoch ſo, daß die Steifen dazwiſchen ſtehen blieben. Letztere wurden nur entfernt, wenn Schalhölzer aufgebracht werden mußten, was unmittelbar vor dem Verſetzen der Steine geſchah, ſo daß das Gewölbe bald darauf deſſen Stelle vertrat. Die beiderſeitigen Anfänge der Bogen ruhten, wie aus der Figur 8 erſichtlich iſt, auf je zwei Gängen von Bohlen, und der untere Theil des Gewölbes konnte bequem im gehörigen Verbande gemauert werden. Nur wenn man gegen den Schluß kam, ließ ſich der Verband nicht mehr darſtellen, weil die Steine von der Stirnſeite des Bogens eingeſchoben werden mußten, und darüber kein Platz zu ihrem Verſetzen war. Jene Bohlen, die zugleich mit dem Lehrbogen das Gewölbe trugen, ruhten

theils unmittelbar, theils mittelſt Stützen auf den äußern Theilen der Schwellen. An den Stellen, wo das Gewölbe dem Schluſſe nahe war, eröffnete man bereits zu beiden Seiten die Gräben für die Widerlager und die Anfänge des Bogens. Dieſen Gräben gab man eine größere Länge, um in den mittlern Schichten des Mauerwerkes einen gehörigen Verband zu erzwecken. Die hervorragenden Enden der Schwellen wurden, wie Figur 9 zeigt, abgeſteift, mußten aber, ſobald das Mauerwerk von unten aus ſich ihnen näherte, abgeſtemmt werden. Während der Mauerung wurden zuerſt die hintern Steinreihen, nachdem die kurzen Bohlenſtücke beſeitigt waren, mit dem obern Gewölbsmauerwerk verbunden und möglichſt geſchloſſen eingetrieben, und alsdann dasſelbe mit den vordern Steinreihen bewerkſtelligt. Indem der Gewölbsbogen dauernd auf dem Lehrbogen ruhte, außerdem aber entweder ſein äußerer oder innerer Rand von der bereits aufgeführten Untermauerung oder noch von der Abſteifung getragen wurde, ſo konnten die untern Steine desſelben ſich nicht löſen, und die ganze Arbeit ging ſicher und ohne Unterbrechung vorwärts. Sobald das Gewölbe an einer Stelle geſchloſſen und untermauert war, entfernte man die darunter befindlichen Lehrbögen, und es wurde der Raum für das Mauerwerk unter den Leinpfaden (Figur 10) ausgehoben, welcher gegen den ſtehengebliebenen Erdkern abgeſteift wurde. Mit Abtragung dieſes Erdkernes waren die Arbeiten beendet.

Auf dem erwähnten Mittelkörper wurde gleich nach Eröffnung des erſten kleinen Stollens eine Eiſenbahn gelegt, mittelſt deren ſowohl die gelöſten Geſteine abgeführt als auch die erforderlichen Baumaterialien herbeigeſchafft wurden. Zur Mauerung wurden Steine theils aus nächſter Umgebung, theils aus der Ausgrabung der Tunnels ſelbſt verwendet; der Mörtel war ein vorzüglich guter, welcher ſchnell erhärtete.

Tunnel von St. Cloud und Montreul

auf der Paris-Verſailler Eiſenbahn.

(Auszug aus Förſters Bauzeitung 1856.)

Tafel VII.

Der Tunnel von St. Cloud iſt unter dem Park von St. Cloud gelegen, und hat eine Länge von 504 Metres. Sein Eingang an der Pariſer Seite befindet ſich im Parke ſelbſt neben dem Schloſſe, der Ausgang an der Verſailler Seite führt in das Thal von Ville d'Avrai, wo ein Stationsplatz angelegt iſt. Das Niveau der Schienen bei dem Ein- und Ausgange des Tunnels liegt 20 Metres unter dem natürlichen Terrain; der Einſchnitt an der Pariſer Seite hat eine Länge von 610 Metres, derſelbe auf der Verſailler Seite 200 Metres. Die Terrainbeſchaffenheit war folgende: Die Sohle des Tunnels beſteht aus einer Bank von weißem, mit ſehr ſchwachen Gipsſchichten gemengtem Mergel, darauf folgt eine Gipsbank, ungefähr zwei Metres mächtig, ſodann eine 14 bis 15 Metres mächtige Grünmergelſchicht, welche mit Thon und Gips gemiſcht und mit feinem Sand bedeckt iſt, die an den höchſten Punkten des Hügels eine Mächtigkeit von 16 Metres erlangt. Darüber liegt endlich die etwa 1 Metre hohe Dammerde.

Der Tunnel wurde mit 10 Schächten, welche in Entfernungen von 47 bis 76 Metres angelegt waren, in Angriff genommen, wovon der Schacht Nr. 10 in die Achſe der Bahn trifft, während die andern 10 Metres links von der Achſe liegen.

Der ganze Gebirgsſchutt des Tunnelaushubes, ſo wie ſämmtliches Materiale für die Bölzung und Mauerung wurde durch die Schächte gefördert, weil die bedeutenden Einſchnitte auf beiden Seiten des Tunnels nicht früher als dieſer vollendet werden konnten.

Die Tiefe der Schächte vom Niveau bis auch auf die Nivelette des Tunnels betrug im Maximum 32 Metres, wozu noch 2 Metres hinzuzufügen ſind, welche zur Anlage von Sümpfen ausgehoben wurden. Alle Schächte, mit Ausnahme Nr. 2, in welchem eine bedeutende Quelle

hervortrat, waren trocken. Ungeachtet der solid hergestellten Zimmerung konnte das einmalige Einstürzen dieses Schachtes nicht vermieden werden. Man stellte die Zimmerung neuerdings her, vertiefte den Schacht bis auf seine gehörige Tiefe und gab ihm einen größern Sumpf, um wo möglich das sämmtliche Wasser darin fangen und leicht ausschöpfen zu können. Der Wasserandrang war so groß, daß daselbst ununterbrochen Tag und Nacht geschöpft werden mußte.

Der Querschnitt der Schächte war rechtwinklig, Fig. 12, und hatte zwischen den Erdwänden eine Breite von 3·6 und 2·7 Metres; im Lichten der Zimmerung 2·74 und 1·84 Metres. Die lange Seite des Rechteckes war parallel mit der Tunnelaxe für die an der Seite liegenden Schächte und senkrecht darauf bei dem in der Achse liegenden Schachte.

Die Schachtzimmerung bestand aus 4 Eckbalken (Fig. 12) von 0·22 Metres im Quadrat, welche in den Ecken des Schachtes durch 4 armirte Querriegel gehalten wurden. Diese Querriegel bestanden jeder aus einem Mittelstück von 0·11 und 0·23 Metres und aus zwei Zangen von 0·12 und 0·23 Metres Stärke; die letztern gingen noch um 0·40 Metres über das Mittelstück hinaus und hatten auf diese Art die Eckbalken zangenartig gefangen. Das Ganze war durch zwei Bolzen fest verbunden. Sobald die armirten Riegel an Ort und Stelle gebracht waren, wurden hinter diesen die Wände der Schächte durch senkrecht gestellte Breter verschalt und der ganze Bau mit hölzernen, zwischen den Mittelstücken der Querriegel und den Eckbalken eingetriebenen Keilen verspannt. Sobald die Schächte um 1·5 Metres tiefer getrieben waren, wiederholte sich die ganze Arbeit, wobei vorzüglich darauf geachtet wurde, daß zwischen den einzelnen Eckbalken, welche eine Länge von 2·0 Metres hatten, eine solide Verbindung durch Hakenverkämmung und Schraubenbolzen erzielt wurde Die hohlen Räume hinter der Verschalung wurden jedesmal gut mit hölzernen Keilen oder Steinen ausgefüllt.

Die Schächte an der Seite kommunizirten mit dem Hauptstollen im Tunnel durch Querstollen (Fig. 11), von 2·0 Metres Breite und 1·85 Metres Höhe im Lichten der Zimmerung; ihre untere Sohle lag 3·40 Metres über dem Niveau der Schienen. Die Zimmerung dieser Querstollen war eine Thürstockzimmerung mit Kappen, Säulen und Schwellen, bei welcher die einzelnen Gestelle 1·50 Metres entfernt standen und der First sowohl als auch die Wände verpfählt waren.

Der Hauptstollen, welcher innerhalb der Umfangslinie des Tunnelprofiles lag und die Querstollen im rechten Winkel kreuzte, hatte die

gleichen Dimensionen als diese, und wurde mit gleicher Zimmerung ausgebaut. Die Sohle lag wieder 3·40 Metres über der Nivelette.

Sobald der Hauptstollen durchschlägig war, handelte es sich darum, denselben nach und nach zu erweitern, um den Theil des Gewölbes über der untern Sohle des Stollens aufzuführen. Die dabei befolgte Methode war folgende: Zuerst wurde ein Gestelle der Stollenzimmerung nebst der daranstoßenden Verpfählung weggenommen und der First sodann in der Achse bis zu dem Extrados des Gewölbes abgearbeitet; dann wurden zwei provisorische Stützen (in Fig. 4 durch punktirte Linien angedeutet) senkrecht in der Achsenlinie und 2·0 Metres entfernt von einander aufgestellt, welche den einen mit der Achse des Stollens parallel laufenden Balken trugen. Diese Operation wurde so lange wiederholt, bis wenigstens 4 Säulen in Entfernungen von 2 Metres aufgestellt waren. Dann wurde der im First angebrachte Einschnitt nach dem Profil des Extrados erweitert, zwei neue Langhölzer, welche die Stelle der Verpfählung versahen, eingezogen, und diese sodann durch Bockgestelle aus je einer Kappe und zwei Säulen so unterstützt, daß jede der anfangs provisorisch aufgestellten Säulen zwischen je zwei Bockgestelle zu stehen kam und dadurch entbehrlich wurde. Man fuhr nun mit dem Abarbeiten des Gebirges auf der rechten und linken Seite fort, indem man nach Maßgabe der vorrückenden Arbeit vier Reihen Gestelle, wie Fig. 5 zeigt, aufstellte. Diese neuen Gestelle fanden ihre Plätze zwischen je zwei Bockgestellen, so daß die Säulen und Streben auf eigenen Schwellen aufstanden, wie im Grundriß dargestellt ist.

Zwischen diesen Gestellen wurden nun die Lehrgerüstbögen (Fig. 6) aufgestellt, und das Mauerwerk begonnen, während welcher Zeit eine zweite Strecke nach derselben Methode vorbereitet wurde.

Die Spannriegel der Lehrgerüstbögen bestanden, um das Legen und Wegnehmen zu erleichtern, aus mehreren Stücken und gingen an ihren beiden Enden um 1·0 Metres über die convexe Oberfläche der Bogenhölzer hinaus. Auf diese Vorsprünge wurden Keile gesetzt, worauf Pfosten so zu liegen kamen, daß die Fläche derselben radial wurde und als provisorische Unterlage für das Gewölbmauerwerk dienen konnte. Der leere Raum, welcher unter diesen Pfosten entstand, wurde, nachdem das Material vollkommen trocken war, mit Steinen in Erdmörtel, bei Zulauf von Wasser aber mit Steinen in etwas Kalkmörtel ausgemauert. Jeder Lehrbogen bestand aus fünf Bogenstücken, vier an den Schenkeln und eines am Scheitel des Gewölbes.

Sobald dieſe Vorbereitungen getroffen waren, wurde das eigentliche Gewölbmauerwerk begonnen. Dasſelbe beſteht aus ausgeſuchten, ganz lagerhaften Bruchſteinen in Mörtel von etwas hydrauliſchen Eigenſchaften. Die erſte Reihe wurde trocken unmittelbar auf die Pfoſten gelegt und dann das Mauerwerk gehörig fortgeſetzt. Nach Maßgabe, als ſich dasſelbe rechts und links erhob, wurden neue Schalbreter gelegt und die einzelnen Spreizen und Säulen der Bölzung entfernt.

Die äußere Bogenlinie des Mauerwerkes mußte das Erdreich ſo viel als möglich berühren; indeſſen geſchah es doch in Folge von mehr oder minder beträchtlichen Einſtürzen häufig, daß Höhlungen entſtanden, die man nothwendig mit gewöhnlichem Mauerwerk hätte ausfüllen müſſen. Man beſchränkte ſich dann einfach darauf, dieſe hohlen Räume mit Bruchſteinen mittelmäßiger Qualität in Erdmörtel oder mit Zuſatz von $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ Kalkmörtel je nach der Feſtigkeit des Terrains auszufüllen. An Stellen, wo der Boden ſehr ſchlecht war, füllte man die Höhlungen ganz mit dem gewöhnlichen Gewölbmauerwerk. Die Folge davon war, daß die Stärke des Gewölbes, welche 1·0 Metres bei den Schächten und 0·90 Metres an allen übrigen Stellen betragen ſollte, bis zu 1·60 Metres variirt und im Durchſchnitt beiläufig 1·35 Metres beträgt.

Als das Mauerwerk von einem Theile des Gewölbes hinreichend ausgetrocknet war, was ungefähr 10 bis 14 Tage nach der Erbauung ſtattfand, ſo begann man die Ausgrabung des untern Profiles, und zwar geſchah dieſelbe ſchachtartig von den Schalbretern des Gewölbes ſenkrecht abwärts und in einer ſolchen Breite, wie Fig. 7 und 8 zeigt, daß in der Mitte des Profiles ein Kern von 4 Metres Breite ſtehen blieb, welcher die Aufgabe hatte, die Gewölbeinrüſtung zu tragen. Dieſe Ausgrabung geſchah in einer Länge von 4 bis 10 Metres je nach der Widerſtandsfähigkeit des Materiales. Dann wurde unter jedem Lehrbogen eine Strebe geſtellt, die auf Keilen über einer Schwelle in dem Winkel zwiſchen der Sohle und der Wand des Stollens ruhte. War der Boden nicht hinreichend dicht, ſo wurde außerdem jeder Lehrbogen noch durch eine ſenkrechte Säule, welche auf Keilen und einer Schwelle ſtand, unterſtützt.

Sobald auf dieſe Art die Lehrbögen und durch dieſe das Gewölbe unterfangen waren, wurde für die Widerlagsmauern der nöthige Raum ausgehoben und es begann ſodann die Mauerung der Widerlager. War dieſelbe bis oben gediehen, und waren nur noch zwei Steinſchichten zu verſetzen, ſo nahm man von den auf den Keilen liegenden Pfoſten

den hinterſten weg und füllte den leeren Raum mit Mauerwerk; dann entfernte man den folgenden u. ſ. w., bis alle Pfoſten beſeitigt und durch Mauerwerk erſetzt waren.

Wenn eine Strecke des Mauerwerkes auf dieſe Art vollkommen geſchloſſen war, wurden ſchließlich die Lehrbögen abgetragen und der Erdkern entfernt, und mit dieſem die Tunnelarbeiten ſtreckenweiſe beendet.

Sämmtliche Arbeiten nahmen einen Zeitraum von 15 Monaten in Anſpruch.

Rosenstein-Tunnel

auf der württembergischen Staatseisenbahn.

(Nach der Eisenbahnzeitung von Etzel und Klein, 1848.)

Tafel IX.

Unter dem königlichen Lustschlosse Rosenstein läuft die Hauptlinie der württembergischen Eisenbahnen mittelst eines Tunnels durch, von welchem derselbe seinen Namen entnommen hat.

Der Tunnel ist so wie der Unterbau der ganzen Linie für ein Doppelgeleise angelegt und hat in der Schienenhöhe eine lichte Breite von 24 Fuß und eine lichte Höhe von 20 Fuß; die fernern Dimensionen, so wie die Construktion der Tunnelprofilslinie ist in Tafel II ersichtlich gemacht. Die Länge des Tunnels, welche anfänglich auf 1080 Fuß projektirt war, beträgt gegenwärtig 1143 Fuß, welche Verlängerung während des Baues sich für nothwendig erwies.

Der Tunnel ist in seiner ganzen Länge ausgemauert, die Stärke des Gewölbes beträgt im Schlusse 1′10″, im Gewölbanlauf 2′3″; die Tiefe der Fundamente 2′3″ unter der Nivelette und die Fundamentbreite 4′6″. Unter dem Lustschlosse sind diese Dimensionen in Folge der entstandenen Einbrüche und zur größern Sicherheit des Schlosses auf eine Länge von 243 Fuß verstärkt worden, so daß die Stärke am Gewölbsschluß 2′3″ am Gewölbsanlauf 2′9″, die Tiefe der Fundamente 3′7″ und die Breite derselben 5′6″ beträgt.

Zur Mauerung entschied man sich für den in der nächsten Nähe der Baustelle im Ueberflusse und in vorzüglicher Beschaffenheit vorkommenden feinkörnig lagerhaften Keupersandstein, welcher in Stücken von 2 bis 3 Fuß Länge, 1½ Fuß Breite und 4 bis 6 Zoll Dicke gebrochen wurde. Als Bindemittel wurde Mörtel aus magerem Kalke, der schwache hydraulische Eigenschaften besitzt, mit Flußsand gemengt, verwendet. Wo Einsenkungen von Wasser vorkamen, so wie in der angegebenen 243 Fuß langen Strecke unter dem Lustschlosse, in welcher

Senkungen um ſo dringender vermieden werden mußten, wurde dem Mörtel eine entſprechende Menge Traß beigemengt.

Der Baubetrieb des Tunnels wurde von beiden Mündungen mittelſt zweier Stollen in der Richtung der beiden Widerlager in Angriff genommen. Die $^7/_{12}$ Schwelle der für den Stollen angewendeten Thürſtockzimmerung lag 1′6″ unter der Nivelette. Die Kappen und Säulen waren aus $^9/_9$ zölligem Gehölze angefertigt. Die Stollen hatten eine Höhe von 7′3″ und eine Breite von 8′0″ und wurden jeder durch 9″ ſtarke Stempel von Rundholz in zwei gleiche Theile getheilt, von welchen die beiden äußern zur Aufmauerung der Widerlager, die beiden innern als Förderſtollen benützt wurden (Fig. 11). An den Seitenwänden der Stollen wurde eine einfache, über den Kappen eine überſchobene Verpfählung von zweizölligen Pfoſten angebracht und der zwiſchen dieſer Verpfählung und dem gewachſenen Boden entſtandene Raum mit Sand und Kies ſorgfältig ausgeſtampft.

Da die Beſtimmung getroffen war, daß die Stollenzimmerung zugleich als Stütze für die Lehrgerüſte dienen ſollte, ſo mußte bei Aufſtellung derſelben auf dieſen Umſtand Rückſicht genommen werden.

Sobald die untern Stollen 40 bis 50 Fuß vorgerückt waren, wurde zum Angriff der Stollen in der zweiten Etage geſchritten. Das Syſtem der Zimmerung, ſo wie der Betrieb der Stollen ſtimmt genau mit jenen der untern Etage überein; nur erhielten die äußern Säulen, um ſich der Linie des in dieſen Stollen fallenden Gewölbtheiles beſſer anzuſchließen, eine Neigung nach innen. Nach Maßgabe des Vorrückens der obern Stollen wurde die Deckverpfählung der untern Stollen herausgenommen und durch einen Dielenboden erſetzt, gleichwie auch die Schwellen der untern Stollen mit einem ſolchen belegt waren, um ſowohl die Ausförderung des Gebirges, ſo wie den Transport der Baumaterialien zu erleichtern (Fig. 11).

Die Aushöhlung für die Fundamente der Widerlager wurde auf nachſtehende Weiſe vorgenommen:

Zwiſchen zwei Schwellen des untern Stollens wurde die Tiefe des Fundamentes ausgehoben, auf den geebneten Grund ein kurzes Schwellenſtück (Fig. 12) gelegt, und auf dieſes eine Strebe b geſetzt, und mit der in Fig. 16 abgebildeten Schraubenvorrichtung den, mehrere Zimmer des untern Stollens faſſenden Durchzug c hinaufgeſchraubt. Nachdem der Durchzug auf dieſe Weiſe an mehreren Stellen unterſtützt war, wurde die äußere Verpfählung durch Bohlenſtücke und Stempel gegen die Mittelſäulen abgeſpreizt, das Fundament ausgehoben, die

Schwellen des untern Stollen abgeschnitten, und die Mauerung begonnen.

Nachdem die Mauerung bis zur Kappe des untern Stollens vorgerückt war, wurden an die Kappen des obern und untern Stollens x zwei nach der Bogenlinie des Gewölbes geschnittene zweizöllige Pfosten angeschraubt und nach Abspreizung der Verpfählung die Mauerung in der obern Etage (Fig. 13) fortgesetzt.

Erst nachdem das Mauerwerk in der obern Etage beendet war, wurde zur Aushebung des Firststollens geschritten (Fig. 8). Dieser erhielt eine Weite von 8′ 4″ und eine Höhe von 9′ 3″. Die Zimmer waren aus $^3/_8$″ Gehölze angefertigt. Die Schwelle dieses Stollens wurde in gleicher Höhe mit den Kappen des obern Stollens so gelegt, daß durch beiderseits angelegte Bänder und an den Stirnseiten eingetriebene Keile diese drei Stücke zu einem Ganzen verbunden wurden.

Die Kappen mit den Säulen und den Polygonhölzern, so wie die Polygonhölzer unter sich und mit den Strecken wurden durch beiderseits angebrachte vierzöllige starke gußeiserne Platten verbunden und verschraubt.

Um den Zimmern des Firststollens eine größere Festigkeit, besonders gegen den Seitendruck zu geben, wurden zugleich die geschweiften Pfostenstücke, welche den Scheitel der Lehrgerüste bildeten, angeplattet und angeschraubt.

Den schwierigsten Theil der Durchgrabung bot die Erbreiterung des Firststollens nach dem ganzen Profil des Tunnels (Fig. 14 und 15). Es wurden zu diesem Behufe in dem untern Stollen die Schwellen A und im obern Stollen die Durchzüge e eingezogen und durch die mit der oben erwähnten Schraubenvorrichtung versehenen Stempel f unterstützt. Auf diese Durchzüge wurde zwischen den Kappen des obern Stollens eine eichene verzahnte Schwelle g gelegt, die Seitenverpfählung zwischen zwei Zimmern weggenommen und die Erbreiterung begonnen, bis ein 4′ langer, 9 bis 22″ breiter Pfosten eingesetzt werden konnte. Dieser Pfosten wurde durch eine auf die verzahnte Schwelle aufgesetzte Schraubenstrebe h unterstützt, und auf diese Weise fortgefahren, bis ein zur Einbringung des Polygonstückes i nothwendiger Raum ausgebrochen war. Das Polygonstück wurde an seinen untern Enden durch eine auf die Schwelle k aufgesetzte Strebe l unterstützt und ein weiteres Pfostenstück des Lehrgerüstes aufgeplattet und angeschraubt. Die Polygonstücke wurden mit den Streben durch die bereits angedeuteten Eisenplatten verbunden. Auf diese Weise wurde die Arbeit fortgesetzt, bis das obere Tunnel-Profil ausgehoben war, worauf die verzahnte Schwelle wegge-

nommen, die Polygonſtücke durch kleine auf Lehrgerüſte aufgeſetzte Stempel unterſtützt, und die Aufführung des Gewölbes begonnen und bis zum Schluſſe fortgeſetzt wurde.

Die Schlußſteine wurden parallelepipediſch bearbeitet, mit einem ſchnell erhärtenden Mörtel überzogen, ſenkrecht aufgewunden und bis nach erfolgter Erhärtung unterſtützt gelaſſen.

Obgleich durch dieſen Vorgang die Kommunikation ſehr erleichtert war, ſo gelang es, wegen der ſchlechten Beſchaffenheit des Grundes im obern Stollen, beſonders auf der Seite gegen Stuttgart hin, dennoch nicht, mit dem Gewölbe gleichmäßig wie mit den Widerlagern vorzurücken; daher wurde es nothwendig, die Angriffspunkte im obern Stollen zu vermehren, zu welchem Behufe Verbindungsſtollen getrieben, und von dieſen aus Schächte nach aufwärts abgebaut wurden, von welchen dann beiderſeits die Arbeiten in der oben beſchriebenen Weiſe fortgeführt wurden.

Auf der Seite gegen Stuttgart mußte der obere Theil des Tunnels auf eine anſehnliche Strecke durch einen ſandigen, mit großen Findlingſteinen gemiſchten Lehmboden getrieben werden, in welchem ſelten das reine Tunnelprofil ausgebrochen werden konnte. Durch die Beſeitigung dieſer Findlingſteine entſtanden Höhlungen, welche ſich durch Nachſtürzen des lockern Grundes bis zu 10 und mehr Fuß ausdehnten. Auch bildeten die früher an der Terrain-Oberfläche beſtandenen Unebenheiten und verlaſſenen Materialgruben, welche zwar ſpäter bei Anlegung des Parkes ausgefüllt wurden, Sammelplätze für das Tagwaſſer, welches ſich in die Tiefe verlor und beim Baue des Tunnels den ſandigen und lehmigen Grund aufgelöſt in die Stollen ſchwemmte, wodurch Unterbrechungen und Verzögerungen im regelmäßigen Betriebe des Tunnels entſtanden.

An jenen Stellen, wo die Herausnahme der Verſchalung Einbrüche befürchten ließ, wurde dieſelbe eingemauert; andererſeits die entſtandenen kleinern Höhlungen durch Vergrößerung der Mauerdicke ausgefüllt. Bei größern Einbrüchen jedoch wurden die Decke und die Wände der Höhlungen durch vorgelegte Pfoſten und leichte Streben auf die Tunnelzimmerung geſtützt, das Gewölbe raſch geſchloſſen und die Höhlungen mit trockenem Mauerwerk ausgefüllt, wobei meiſtens Pfoſten und Streben eingemauert werden mußten.

Dieſer ungünſtigen Verhältniſſe ungeachtet entſtand nur auf der Seite gegen Stuttgart an einer Stelle ein Tagebruch von geringer Ausdehnung, welcher jedoch leicht ausgeglichen werden konnte.

Größere Schwierigkeiten hatte aber die Bewältigung des am 5. Jänner 1847 erfolgten Einbruches im untern Stollen, unmittelbar unter dem königlichen Luſtſchloſſe. Nach Beſeitigung eines circa 30 Kubikfuß faſſenden Konglomeratfelſens, welcher zum Theil in den untern, zum Theil in den obern Stollen eingriff, brach aus dem hinter dieſem Felſen zu Tage kommenden ſandigen Grunde zuerſt ein Strahl hellen Waſſers hervor, welchem unmittelbar ein Strom breiartig aufgelöſten ſandigen Grundes mit ſolcher Gewalt folgte, daß die Arbeiter ſich aus dem Stollen flüchten mußten. Die hervorgebrungene Maſſe füllte den untern Stollen in einer Länge von 5 bis 6 Klafter 2 bis 3 Fuß hoch an. Bei der ſofort eingeleiteten Hinwegſchaffung der eingebrungenen Maſſe überzeugte man ſich jedoch bald, daß das Hinweggeſchaffte durch neue Maſſen immer wieder ſich erſetzte und die Arbeit eingeſtellt werden mußte.

Um der durch den Einbruch entſtandenen Höhlung von oben beizukommen, wurde der Firſtſtollen mit großer Anſtrengung vorgetrieben; aber auch in dieſem Stollen erfolgte am 7. Jänner, an der gleichen Stelle angelangt, der Einbruch, ſo daß auch hier die Arbeit eingeſtellt werden mußte. Ein zweiter Verſuch, die eingebrungene Maſſe zu beſeitigen, mißlang wie der erſte. Aus der in die Stollen eingebrungenen Maſſe, welche bei 25 bis 30 Kubikklafter betrug, mußte man auf eine Höhlung von bedeutendem Umfang ſchließen, welche leicht für das königl. Luſtſchloß von nachtheiligen Folgen ſein konnte. Am 9. Jänner wurde ein dritter Verſuch, ſich der vermutheten Höhlung zu nähern, gemacht, welcher darin beſtand, daß man

1. ſenkrecht über der innern Hälfte des weſtlichen mittlern Stollen innerhalb des Tunnelprofiles einen dritten Stollen von 4 Fuß Weite in der Richtung der Tunnelachſe vortrieb;

2. für den Fall, daß auch dieſer Verſuch fehlſchlüge, in den öſtlichen mittlern Stollen, dem zweiten Einbruche gegenüber, einen Schacht nach oben aufbrach, um ſich der ſchadhaften Stelle zu nähern.

Dieſe Arbeiten wurden mit Raſchheit betrieben, bis man am 11. Jänner im dritten Stollen auf weniger dichten Thon mit ſtarken Waſſerzudrang ſtieß. Zu gleicher Zeit zeigte ſich in dem bis auf 12′ Höhe getriebenen Schachte ein lockerer, waſſerführender Grund, ſo daß es gerathen ſchien, die Arbeit an beiden Punkten einzuſtellen.

Ein Haupthinderniß für die Sondirungsarbeiten war der ſeit dem Einbruche am 5. Jänner gleichmäßig fortdauernde Waſſerzudrang. Nachdem jedoch die Baſſins vor dem Schloſſe und in den Höfen, um etwaiger Durchſickerung vorzubeugen, ſchon ſeit einigen Monaten trocken ge-

legt und bei der sonstigen Lage des Rosensteinhügels selbstständige Quellen höchst unwahrscheinlich waren, so konnte der Wasserzudrang nur aus dem einige 1000′ weiter oben im Parke gelegenen Teiche, dessen Wasserspiegel 29 Fuß über dem Gewölbsschluß des Tunnels gelegen war, kommen, und man entschloß sich zur Ablassung dieses Teiches.

Zu gleicher Zeit wurde der westliche Stollen, dessen Grund sich bisher durchaus gut gezeigt hatte, von der Nord- und Südseite rasch vorgetrieben, um theils dem Wasser einen Abzug zu verschaffen, theils um sich von dieser Seite der schadhaften Stelle zu nähern. Der Durchbruch erfolgte am 28. Jänner. Um sich von der Lage, Gestalt und Ausdehnung, von der entstandenen Höhlung, so wie von der angrenzenden Bodenbeschaffenheit Kenntniß zu verschaffen, trieb man von den verschiedenen Stollen Bohrlöcher.

Die Mergelschicht, welche dem Rosensteinhügel als Grundlage dient, senkt sich von beiden Mündungen gegen die Mitte des Tunnels der Art, daß dieselbe unter dem Schlosse von den Fundamenten des Tunnels nicht mehr erreicht wird, sondern der Tunnel daselbst auf der darüberliegenden Schicht von Flußgeschieben gegründet ist. Diese Schicht von Flußgeschieben, welche über der nördlichen Mündung am mächtigsten auftritt, gegen die südliche Mündung ausläuft, deckt eine Thonschicht von wechselnder Mächtigkeit, welche unter dem Schlosse kaum zwei Fuß stark ist. Darauf lagert eine bis beinahe unter die Fundamente des Schlosses reichende Masse lockern sandigen Lehmes, welche endlich mit einer Schicht aus einem festen, zusammengebackenen Gemenge von Sand, Lehm, Geschieben und Trümmern verschiedener Sandsteingattungen überdeckt ist. Auf dieser letztern festen Schicht ist das Lustschloß fundirt.

Die angeführte muldenförmige Einsenkung der Thonschicht unter dem Schlosse hatte von jeher einen Sammelbehälter für die einsickernden Tagwasser, vielleicht für unterirdische Abflüsse des oben erwähnten Teiches und der Bassins gebildet, so daß sich der die Einsenkung füllende sandige Lehm stets in einem breiartigen Zustande befand. Die Wässer, welche sich in der Einsenkung sammelten, fanden durch die unter dem Schlosse kaum zwei Fuß dicke Lehmschicht, welche sie durchweichten, einen Abfluß, und verloren sich in den darunter liegenden Geschieben. Die mineralischen Bestandtheile, welche das durchsickernde Wasser enthielt, mochten sofort in den Geschieben die Bildung der Konglomeratfelsen bewirkt haben. Durch Beseitigung eines dieser Felsen wurde der Kanal geöffnet, und die breiartige Masse ergoß sich in den Stollen.

Die durch dieſe Entleerung entſtandene, Anfangs kleine Höhlung erweiterte ſich durch Nachſtürzen der Seitenwände und der Decke immer mehr, und die vorgenommenen Bohrungen gaben zwar Aufſchluß über die Richtung und Lage der Höhlung, doch zeigten ſie, daß vom Tunnel aus dieſe nicht zu erreichen war, und ſo beſchloß man ſich derſelben von oben aus zu nähern. Es wurde zu dieſem Zwecke an der öſtlichen Mauer des Schloſſes ein Schacht abgeteuft, und das Fundament mittelſt eines Stollens von 3' Weite und 6 Fuß Höhe unterfahren. Dieſer Stollen wurde, ſo weit er unter die Fundamente des Schloſſes durchführte, ausgemauert und oben wie unten gewölbt, der übrige Theil mit Geſtellen von Eichenholz verzimmert, mit gußeiſernen Platten verſchalt und rückwärts mit Mörtel ausgegoſſen. Nachdem dieſer Stollen bis unter die Mitte des Treppenhauſes vorgetrieben war, ohne die Höhlung zu erreichen, wurden von demſelben nach verſchiedenen Richtungen Bohrlöcher getrieben, und endlich in der Nacht vom 7. auf den 8. Februar die Höhlung in einer Entfernung von 4 bis 5 Fuß aufgefunden. Nach Durchbrechung der inneren Wand konnte die Höhlung ihrem ganzen Umfange nach überſehen werden. Dieſelbe hatte oben, eine ovale Geſtalt von 27 Fuß Länge, 16 bis 18 Fuß Breite und 12 bis 14 Fuß Höhe. Die Decke der Höhlung war durch das oben beſchriebene Konglomerat domförmig gewölbt, die Seitenwände bildete mittelmäßig feſter Lehm, und die Sohle ein Gemiſch von Steinen, Sand und Lehm, welches von der Decke und den Seitenwänden abgebrochen war.

Bei der unzuverläſſigen Beſchaffenheit der Wände konnte man auf eine feſte Grundlage für die Fundamente zur Auswölbung der Höhlung nicht rechnen; daher entſchloß man ſich, als Fundament für dieſe eine Lage von Beton auf die Sohle der Höhlung zu bringen, indem man in Schichten von 6 Zoll Höhe klein geſchlagene Kalkſteine ausbreitete und über dieſelben einen ſchnell erhärtenden Guß von hydrauliſchem Kalk und Gyps zu gleichen Theilen brachte. In dieſer Weiſe wurde fortgefahren, bis die Betonmaſſe eine Höhe von 2 bis 3 Fuß erhalten hatte, worauf auf dieſelbe Schwellen gelegt und ſowohl Decke als Seitenwände durch Pfoſten und Streben abgeſpreizt waren; dann wurde mit der Betonſchicht bis zur Höhe der Sohle des Stollens fortgefahren, und auf dieſe die Mauerung geſetzt.

Da man ſich jedoch den Fall möglich denken mußte, daß in Folge der Durchführung des Tunnels unter der ausgemauerten Höhlung weitere Einbrüche und in Folge deſſen Senkungen der Ausmauerung eintreten könnten, ſo wurden zwei ſich rechtwinkelig durchſchneidende Gänge von

2 Fuß Weite offen gelassen, mit Hilfe deren man später die Höhlung begehen und etwaige Trennungen der Ausmauerung von der Wand unschädlich machen konnte.

Die Ausmauerung der Höhlung bis auf die erwähnten beiden Gänge wurde in den letzten Tagen des Monates März beendet. Mittlerweile war mit dem Betrieb des Tunnelbaues unausgesetzt fortgefahren worden, so daß am 4. Juli der Schluß des Gewölbes erfolgte. Bei Ausführung der Strecke unter dem Schlosse häuften sich die Schwierigkeiten in dem Maße, in welchem man sich dem Einbruche näherte.

Da sich das oben beschriebene System der Rüstung bis in die Nähe unter dem Schlosse als vollkommen genügend bewährte, so beschränkte man sich darauf, selbe für den Tunnelbetrieb unter dem Schlosse blos zu verstärken, so wie die Angriffspunkte zusammenzudrängen und die Rüstung sobald als möglich durch das Tunnelmauerwerk zu ersetzen.

Die Verstärkung der Rüstung bestand darin, daß man in den untern und obern Stollen je zwei Schwellen neben einander setzte, und diese verschraubte. Ferner wurden die Unterzüge für die Schraubenstreben nicht unmittelbar auf die Schwellen gelegt, sondern der Zwischenraum zwischen den Zimmern wurde derart mit Pfostenstücken ausgelegt, daß dieselben einen Zoll höher als die Schwellen zu liegen kamen. Auf diese Pfosten wurden die Unterzüge gelegt, und auf diese Weise der Druck auf die ganze Fläche vertheilt. Auf gleiche Weise wurde die Verstärkung der Rüstung im Firststollen vorgenommen (Fig. 16 und 17). Bei der Deckverschalung unter dem Schlosse sowohl für die Stollen als für die Erweiterung nach dem ganzen Tunnelprofile wurde auf folgende Weise vorgegangen:

Sobald die Arbeit 1 Fuß über dem hintersten Zimmer vorgetrieben war, wurde ein 2zölliger 1 Fuß breiter Pfosten mit einer Mischung von Schotter und Lehm bestrichen und mittelst der Schraubenstrebe an die Decke angetrieben, so daß durch diese Mischung die Unebenheiten in der Decke ausgefüllt wurden. Auf diese Weise wurden die nächsten Streben eingesetzt, bis der Raum für ein folgendes Zimmer ausgebrochen war.

Man überzeugte sich jedoch bald, daß die Herausnahme der Verpfählung beim Nachrücken des Mauerwerkes im obern Tunnelprofil äußerst schwierig war, weßhalb man sich entschloß, selbe einzumauern, und um sich dabei der Gefahr später eintretender Senkungen in Folge des Verfaulens der Verpfählung nicht auszusetzen, wurden statt der Pfostenverpfählung gußeiserne Platten angewendet. Diese Platten waren 3′ 6″ lang, 12″ breit, ½″ dick, einerseits durch zwei längs den Rändern hin-

laufenden, 1½ Zoll hohen Rippen verstärkt, und wurden mit nach oben gekehrten Rippen in gleicher Art wie die Pfosten von den Schraubenstreben gestützt. Statt der Mischung von Schotter und Lehm wurde Beton angewendet. Auf diese Art ist auf den größten Theil der Länge des Schlosses der Tunnel mit einer Schale von Gußeisen umgeben.

Nachdem das Tunnelgewölbe geschlossen war, ohne daß weitere Einbrüche in den verschiedenen Stollen erfolgten, wurde zur Untersuchung der ausgemauerten Höhlung geschritten und gefunden, daß die Senkung des Mauerwerkes blos eine bis zwei Linien betrug, worauf die Ausmauerung der in der Höhlung gelassenen Gänge, so wie der Stollen und des Schachtes erfolgte.

Der nach Vollendung des Tunnels unvermindert fortdauernde Wasserzudrang wurde durch einen in der Achse des Tunnel geführten gemauerten Kanal von 1 Fuß Weite und 1 Fuß Höhe abgeleitet.

Mit Ausnahme der beiden Tunnelfacaden, welche in Kontrakt gegeben waren, wurde der Tunnel in Regie ausgeführt und erforderte einen Kostenaufwand von 193,000 fl. Die Baukosten überschritten den Voranschlag von 152,400 fl. um 40,600 fl., welche Ueberschreitung in den oben beschriebenen Ereignissen hinreichende Erklärung finden.

Bildstock-Tunnel

der Saarbrücker Eisenbahn.

(Nach der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen in dem preußischen Staate, Jahrgang 1857.)

Tafel X.

Der Bildstocker Tunnel, an dem höchsten Punkte der Saarbrücker Eisenbahn bei dem Orte Bildstock gelegen, enthält eine 1530 Fuß lange, im Verhältniß von 1:400 von Osten nach Westen fallende Bahnstrecke. Er hat eine Höhe von 23 Fuß bei einer Breite von 20½ und 23 Fuß, so daß zwei Geleise in ihm Platz finden. Vor den Mündungen liegen Einschnitte von 60 und 80 Ruthen Länge, deren Höhe 60 bis 70 Fuß beträgt. Das mit dem Tunnel durchfahrene Gebirge gehört der Steinkohlenformation an und besteht aus mehr oder weniger mächtigen Schichten von Schieferthon und Sandstein, mit einzelnen bis 4 Fuß starken Kohlenflötzen.

Von der östlichen Mündung aus zeigt sich das Gebirge auf etwa den vierten Theil der Tunnellänge ohne Störungen; von da ab fand man aber vier Sprünge; drei derselben durchsetzen den Tunnel rechtwinklig und einer diagonal. An den Sprungstellen war das Gestein zerklüftet, bestand theilweise sogar aus losen, unregelmäßig verschobenen Klötzen. Dieß in Verbindung mit der Wasserführung verursachte einen außerordentlichen Druck und machte den Betrieb sehr gefährlich. Dabei durchsetzte der diagonale Sprung den Ort in einer so schrägen Richtung, daß er über 250 Fuß lang darin fortging, und seine Kluft war an manchen Stellen bis zu 20 Fuß Höhe offen, oder mit zerbrochenen Gesteinen ausgefüllt, welches sich sofort in Bewegung setzte, wenn es durchhauen wurde.

Der Baubetrieb hatte von den beiden Mundöffnungen her stattgefunden. Bei der gegen die Gebirgsschichten fast querschlägigen Richtung des Tunnels ging der westliche Betrieb in's Hangende und war bei den eben erwähnten Verhältnissen mit größeren Schwierigkeiten verbunden,

als der östliche, welcher in's Liegende ging. Der Tunnel konnte nicht in seiner ganzen Breite betrieben werden, sondern man mußte ihn mittelst eines 12 Fuß hohen Richtstollens, der in der Axe am First des Tunnels gelegen war, führen. Dieser Richtstollen wurde gleichzeitig mit den übrigen Arbeiten getrieben, nur daß man den Betrteb so weit als möglich beschleunigte, um einestheils durch einen früheren Durchschlag einen natürlichen Wasserwechsel herzustellen, anderntheils um die Richtung für den Tunnel fixiren zu können.

Der Richtstollen war theilweise je nach der Beschaffenheit des Gesteines verzimmert, und zwar im festen Gestein war eine Firstenzimmerung angewendet, wobei die Kappen einfach eingebühnt wurden. Im lockern Gestein erhielt derselbe eine vollständige Thürstockzimmerung mit Kappen, Säulen und Grundsohlen (Fig. 1, Tafel X).

Die Herstellung des oberen Tunnelprofiles geschah vom Richtstollen aus. Die Firste verwahrte man durch Kappen und dahinter gesteckte Pfähle, welche jedesmal bei der entsprechenden Ausweitung angebracht wurden. Die Stempel fußten auf den Grundsohlen der Thürstöcke des Richtstollens. Diese Grundsohlen wurden nämlich je nach der Festigkeit des Gesteines so lange genommen, daß dieselben mit ihren Köpfen bis zu $1\frac{1}{2}$ Fuß in die Stöße des Stollens hineingriffen.

Beim Ausbrechen für den Bogen wurden zuerst die Kappen b, Fig. 2, durch lange Unterzüge c und Säulen d von den Grundsohlen a aus unterfangen, und es fielen da, wo im Richtstollen Thürstöcke angebracht waren, diese nun wieder weg, welche in Figur 2 durch die punktirten Linien angezeigt sind.

Die weitere Ausweitung geschah sodann mittelst Kronenbalken e und dahinter geschobenen Querpfählen, welche durch Centralstreben f die auf der Grundsohle ihr Auflager fanden, unterfangen und durch Bolzen g auseinander gehalten wurden. War so der obere Bau hergestellt, so wurde der Raum für die Widerlager und Fundamentmauern hergestellt, indem man sich an den Seiten schachtartig niederarbeitete und die Wände mittelst Kronenbalken und nach abwärts getriebenen Pfählen verzimmerte. Es wurde dabei eine solche Weite (8 Fuß) eingehalten, daß man auf der Sohle neben den Fundamenten noch den erforderlichen Raum für eine Förderungsbahn hatte, wobei der Mittelkörper die zu seinem Zweck erforderliche Stärke behielt.

Da, wo der Mittelkörper nicht von Klüften durchzogen war, war derselbe so fest, daß die Zimmerung ohne Gefahr auf ihm ruhte, dagegen mußte an den andern Punkten die vorsichtigste Verpackung stattfinden,

um ein Auseinandergehen zu verhüten (Fig. 2). An ſolchen Stellen war überhaupt der Bau ſammt der Verzimmerung ſehr ſchwierig. Obwol das Gebirge klüftig war, ſo mußte es dennoch größtentheils geſprengt werden, wodurch ſich aber häufig unvermuthet große Maſſen löſten. Man ſucht zwar derartige Geſteinsmaſſen von Stoß zu Stoß vor dem Wegthun der Löcher zu verſpreizen, ſo wie die zunächſt ſtehende Zimmerung zu verſtärken, jedoch konnte dieſes nicht an allen Punkten ſo vollſtändig geſchehen, daß dabei nicht Brüche vorkamen, welche aber durch raſches Unterfangen unſchädlich gemacht wurden.

Die Aufſtellung der einzelnen Geſpärre, welche die Kronenbalken zu tragen hatten, geſchah von vier zu vier Fuß, welche ſich noch als ungenügend erwies, da bei längerer Dauer der Arbeit der Druck auf die Zimmerung ſo zunahm, daß ihm das Holz nicht widerſtehen konnte und daher ausgewechſelt oder die ganze Zimmerung verſtärkt werden mußte.

Eine ſolche Verſtärkung geſchah dadurch, daß man neben die Grundſohlen neue Grundſohlen legte und von dieſen aus zwiſchen den Kronenbalken neue Kronenbalken mit Centralſtreben anbrachte. Da man hiebei die vorigen Bolzen entfernen und neue kürzere zwiſchen die Kronenbalken einbauen mußte, ſo wäre ein Verſchieben der alten Kronenbalken zu befürchten geweſen, wenn man letztere nicht mit eiſernen Klammern gefaßt hätte.

Sobald eine Strecke auf die beſchriebene Art ausgehoben und verzimmert war, wurde mit dem Mauerwerk in den Fundamenten der Widerlager begonnen. Dasſelbe iſt, mit Ausnahme an den Sprungſtellen, wo die Stärke $2\frac{1}{2}$ Fuß beträgt, durchwegs 2 Fuß ſtark genommen. Die Fundamentmauern ſind dabei 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuß hoch. Die Widerlagsmauern ſind nur an den Mündungen auf etwa 8 Ruthen Länge mit glatt gearbeiteten Steinen geblendet, ſonſt durchaus mit ganz gewöhnlichen Bruchſteinen (Kohlenſandſteinen) ausgeführt. Das Aufführen derſelben iſt mit durchgehenden Schichten geſchehen, und die äußere vorgeſchriebene Form durch an den Ständern der Lehrbögen befeſtigte Schablone (Fig. 4) mit Hilfe der Schnur eingehalten worden. Das Gewölbe wurde über Lehrbögen (Fig. 4) und den aufgelegten 3 Zoll kantigen Latten aus glatt gearbeiteten Steinen von 14 bis 20 Zoll Länge und Breite, bei 4 bis 8 Zoll Stärke mit durchgehenden radicalen Schichten aufgeführt; die durchſchnittliche Entfernung der Lehrbögen von einander betrug 3 Fuß.

Die Vorrichtungen, welche bei der Herausnahme der Zimmerung zur Abfangung der Wände und der Firſte nothwendig wurden, gehen

aus Figur 4 hervor. Dieſelben wurden an den ſehr druckreichen Stellen ſogleich angebracht, wenn die Lehrbögen bereits vom Mauerwerk beiderſeits gefangen waren, damit die Herausnahme des Holzes raſcher bewerkſtelligt werden konnte.

Die Abſpreizung der Firſte bei Herausnahme deſſen Holzes geſchah folgender Art: Nach dem Stande der Arbeit (Fig. 4) rechts wurde die Centralſtrebe herausgeſchlagen, dann der Kronenbalken auf eine kürzere oder größere Länge, je nachdem es der Raum bedingte, abgehauen, ebenſo der untere Theil der Pfähle, nachdem der obere Theil derſelben mittelſt eines vorgelegten Brettes von dem Lehrbogen aus durch Bolzen abgefangen war, wie dieſes aus der Zeichnung (Fig. 4) links hervorgeht. Hatte man das Brett mit dem Mauerwerk erreicht, ſo wurde dasſelbe nebſt den Pfahlſtücken und den Bolzen weggenommen und das Gewölbe konnte nun weiter bis zum nächſten Kronenbalken aufgeführt werden. Zur Herausnahme der Kappen und Firſtenpfähle wurden erſtere an den Köpfen untermauert, während dieſelben in der Mitte von einer, über die Spannriegel der Lehrbögen gelegten Schwelle durch Bolzen getragen wurden. Waren aber die Kappen vor den Unterzügen nicht ſo weit vorgeſtanden, daß dieſelben vom Mauerwerk gefaßt werden konnten, ſo wurde vor der Herausnahme der Unterzüge eine weitere Unterſtützung der Kappen durch die Bolzen y y (Fig. 4) nothwendig, welche ebenfalls auf die Lehrbogen geſchah. Das Gewölbe wurde nun bis auf $2\frac{1}{2}$ Fuß Entfernung zuſammengezogen, wobei die an den Seiten befindlichen Firſtenpfähle in kurzen Stücken herausgenommen wurden; den mittleren Firſtenpfählen gab man in einem auf das Mauerwerk gelegten ſtarken Pfoſtenſtücke eine Auflage, um die Kappen entfernen zu können. Zwiſchen beide Gewölbtheile kamen jetzt ſtarke Spreizen und das Schlußſtück wurde unter ſtückweiſer Herausnahme der letzten Pfähle und Unterlagen von vorne nach hinten eingebracht.

Nach dieſer gegebenen Beſchreibung gingen die Arbeiten anſtandslos vorwärts, bis ungefähr 370 Fuß von der weſtlichen Tunnelmündung ein Sprung im Gebirge quer durchfahren wurde. Die obere Tunnelweite war dort bereits vollſtändig hergeſtellt, das beiderſeitige Abteufen für die Widerlager bis auf einige Fuß niedergebracht, und es fehlte nur noch das Nachnehmen der Fundamente, um ſogleich ein neues $3\frac{1}{2}$ Ruthen langes Mauerſtück einzubringen. Das Gebirge war hier nicht nur ſehr zerklüftet, ſondern auch in der Firſte von ſehr weicher und thoniger Beſchaffenheit; dazu kam das Durchſetzen eines Kohlenflötzes und eine große Anzahl von verſteckten Klüften.

Der Druck war daher sehr groß und vermehrte sich durch die Herausnahme der Zimmerung bei dem angrenzenden, in Arbeit begriffenen Mauerstück. Man hatte das Gewölbe zur Hälfte aufgeführt, als sich die Nothwendigkeit ergab, den Bau am Sprunge zu verstärken. Hiermit war man auch schon einen Tag beschäftigt, als sich in der darauf folgenden Nacht eine Grundsohle zerdrückte, und die darauf stehenden Stempel auf der einen Seite abgleiteten. Die dadurch stützlos gewordenen Unterzüge konnten dem enormen Drucke nicht widerstehen und brachen durch; dadurch verlor die ganze Zimmerung ihre Spannung, und es ging so ein Stück von 44 Fuß Länge in der ganzen Tunnelweite von 27 Fuß völlig zusammen. Der Bruch reichte bis dicht an das in der Ausführung begriffene Gewölbe, welches nur mit den größten Schwierigkeiten zum Schlusse gebracht werden konnte. (Der Bruch ist in Figur 6 und 7 dargestellt.)

Zunächst wurde der angrenzende Bau gesichert, indem man die Zimmerung verdoppelte. Einen wesentlichen Vortheil gewährte dabei der erst kurz vorher bewirkte Durchschlag des Richtstollens, weil man dadurch zur entgegengesetzten Seite des Bruches gelangen konnte.

Bei der Aufgewältigung wurde zunächst auf das Aufführen der Fundament- und Widerlagsmauern Rücksicht genommen, und dann sollte der Raum für den obern Gewölbtheil hergestellt werden. Zu ersterem Zwecke wurden mittelst Getriebzimmerung zwei Stollen neben dem Kerne durchgetrieben, deren Ansitzpunkte an der hinteren Bruchseite gewählt wurden (Fig. 8 und 9).

Beim Aufhiebe der Stollen wurde an den Fuß der heruntergegangenen Massen ein Thürstockpaar gestellt, dann das schräge Gehänge derselben durch Einrammen von Pfählen vor einer wiederholten Bewegung sicher gestellt und mittelst Vorlegens von Ortsbrettern dergestalt abgebaut, daß man mit dem dritten Felde zum Unterfahren kam. Hiernach wurden beim weitern Auffahren die Thürstöcke mit 3 Zoll starken Pfählen abgedeckt und auf denselben Mauern aufgeführt, womit man nicht allein die an den Bruch grenzenden Firste des noch erhalten gebliebenen Baues unterstützte, sondern auch den obern über der Strecke befindlichen Theil der Bruchmassen, die gefahrdrohend an dem kreuz und quer festgespannten Holzwerk ihren Widerstand gefunden, sicher stellte (Fig. 8 und 9).

Nachdem die Stollen durchgetrieben waren, mußten dieselben erweitert werden, weil einestheils die Stöße an den Widerlagsseiten noch zurückstanden und anderntheils das Gebirge an dem obern Theile derselben so zerstückt war, daß die Stollen an beiden Stößen mittelst Pfän-

bungen verpfählt werden mußten, welche nebſt den Thürſtöcken ſo viel wegnahmen, daß der Raum für die ganze Mauerſtärke zu beſchaffen blieb. Ein Durchtreiben der Stollen von vorn herein in der Weite, wie ſolche zugleich für die Widerlagsmauern erforderlich geweſen wäre, würde, abgeſehen von der enormen Weite der Stollen auf die bedeutende Länge, durch den unteren feſteren Theil der nachzunehmenden Widerlagsſeiten, der zum Theil losgeſprengt werden mußte, mit großer Gefahr verbunden geweſen ſein. — Die Bruchmaſſen hatten ſchon während des Auffahrens der Stollen ſo nachtheilig auf die Zimmerung gewirkt, daß mehrere Kappen unterſtützt und mehrere am Kern befindliche Thürſtöcke verſpreizt werden mußten, um einem Durchbrechen derſelben vorzubeugen.

Vor dem Nachreißen wurde daher die Zimmerung der Stollen an der Kernſeite bedeutend verſtärkt und ſämmtliche Kappen in der Mitte durch den Unterzug e (Fig. 10) und die Stempel f unterfangen; letztere, 14 Zoll ſtark, kamen vor der Hand 7 Fuß weit von einander zu ſtehen, um bei der Erweiterung der Stollen zur Darſtellung des Widerlagsraumes nicht behindert zu ſein; auch wurden nach geſchehener Erweiterung erſt die Zwiſchenſtempel angebracht. Dadurch, daß der Unterzug e in der Mitte der Stollen angebracht werden mußte — einestheils um die Kappen, die ſich zum Theil ſchon zerdrückt und aufgefaſert hatten, vor einem gänzlichen Durchbrechen zu ſchützen, anderntheils um die Stützen des Unterzuges nicht in den Fundamentenraum fallen zu laſſen — blieb ein ſo geringer Raum hinter dem Unterzuge, daß man über demſelben nicht das Anſtecken der Pfähle zum Abtreiben der Firſte für das Nachreißen der Stollen ermöglichen konnte; — bei einem zweiten Unterzuge, welchen man den Thürſtöcken näher gelegt hätte, würde der erſte Unterzug hinderlich geweſen ſein; — es mußten daher verlorne Kappen zwiſchen den Thürſtöcken angebracht werden, um durch dieſe den erforderlichen Raum für das Abtreiben der Firſtenpfähle zu gewinnen. Beim Vortreiben der Pfähle ließ man die Köpfe derſelben zum Zwecke eines ſpäteren Unterfangens durch Unterzüge 1½ Fuß vorſtehen. Das Nachnehmen der Seitenſtöße geſchah auf gewöhnliche Weiſe, und war dabei das Anbringen von Ortsbrettern nur in dem obern Theile nothwendig, während unten feſteres Geſtein getroffen wurde.

Zur Herſtellung des Raumes für die Fundamente wurde der Bau in folgender Weiſe befeſtigt:

Unter den Kopfenden der nach der Seile vorgeſteckten Firſtenpfähle wurde der Unterzug h und ebenſo in der Mitte der Pfähle und an den Stoßenden die Unterzüge i i angebracht, welche auf die in der Zeichnung

angegebene Weiſe durch einen thürſtockartigen Bau gehalten wurden. Während die am Stoße befindlichen Thürſtöcke desſelben theils auf höher liegenden, vorſtehenden Schichtungen und theils an den weicheren Stellen bis auf die Fundamentſohle eingebühnt wurden, hatten die gegenüberſtehenden Thürſtockſtempel z ihren Sitz auf den Grundſohlen k (Fig. 10); von den Kappen l, die die Unterzüge unterfaßten, war jedoch ein Theil in die 14 Zoll ſtarken Stempel f des erſten Unterzuges mit Verſetzung eingelaſſen, während die Thürſtockſtempel z zugleich die unter dieſem noch fehlenden Zwiſchenſtempel vertraten. Damit der Bau auf den Grundſohlen, die mit ihren beſchwerten Enden an dem Rande der Fundament-Ausgrabung lagen, eine feſte und ſichere Stellung erhielt, waren letztere mit dem anderen Ende in den Kern eingelaſſen und an den zerriſſenen Kernſtellen noch zwiſchen den Thürſtöcken dergeſtalt eingeſpannt, daß ein in die Höhegehen des hintern Endes nicht möglich war; dabei war einem Abrutſchen der Thürſtockſtempel und der übrigen Stempel bei einem etwaigen Senken an dem vorderen Kopfe durch einen ſchrägen Aufſitz vorgebeugt. Der Bau erhielt hierdurch eine gehörige Feſtigkeit; die freigeſtellten Thürſtöcke m wurden weggenommen, ohne daß das Gebirge in Bewegung kam, und es war ſo der Raum für das Fundament gewonnen. Dieſer Raum mußte zum größten Theile herausgeſprengt werden, weil darin feſte und lockere Lagen wechſelten, was indeß bei der hier angewendeten Vorſicht keine nachtheiligen Folgen für den Bau hatte.

Der Durchhieb der Stollen und das Ausweiten derſelben wurde übrigens dadurch bedeutend erſchwert, daß man faſt fortwährend grobe Geſteinswände mit klarem und faſt fließendem Gebirge bei ſtets ſtarkem Waſſerzufluß zu durchfahren hatte, auch häufig große, leere Räume fand, Unter ſolchen Umſtänden war die Arbeit faſt fortwährend mit der größten Gefahr verbunden. Man ſuchte derſelben durch Anwendung von Faſchinen, mit denen man ein Durchfließen des feinen Schlammes zwiſchen den Ortsbrettern verhütete, ſowie durch ein Ausfüllen der leeren Räume und ein vorſichtiges Abſpitzen der ſtarken Geſteinswände, wenn ſie dem Vortreiben der Firſtenpfähle und dem Anbringen der Ortsbretter hinderlich waren, nach Möglichkeit zu begegnen.

Das Aufführen der Widerlagsmauern war ſehr beſchwerlich. Die viele Zimmerung der Stollen geſtattete ein Durchbringen der Materialien *neben* dem Mauerraume nicht, ſo daß dieſelben *durch* dieſen gebracht werden mußten; ferner mußten wegen Herausnahme der Thürſtöcke die Kappen noch von der Mauer aus unterfangen werden. Das Mauern konnte daher nur von hinten nach vorn und in ganz kurzen Anſätzen ge-

ſchehen. Um die am Stoße liegenden Thürſtöcke zu entfernen, wurden durch Unterzug und Bolzen die Firſte abgefangen und durch Vorlagen mittelſt Spreizen der Seitenſtoß gehalten. Die an dem Stoße ſtehenden Thürſtöcke wurden ſo bei dem Vorrücken der Mauer herausgenommen, während der Unterzugbolzen und die Seitenverſpreizung in gleichem Schritte felderweiſe vorgerückt, beziehungsweiſe durch neue erſetzt wurden.

Dieſe Abfangvorrichtung wurde immer erſt angebracht, wenn das Mauerwerk die Höhe von mehreren Fußen erreicht hatte; dabei wurden die bis auf die Sohle gehenden Thürſtöcke zunächſt ummauert, dann aber durchgehauen und entfernt, nachdem die Abſpreizung der Stoßwand ſtattgefunden hatte. Die dabei in dem untern Mauerwerk gebildeten leeren Räume wurden mit Mörtelguß und Steinen dicht verfüllt.

Nachdem die Seitenmauern aufgeführt waren, ſchritt man zur Herſtellung des obern Bautheils. Zuvor ließ man jedoch, um der Zimmerung des obern Baues, namentlich aber auch den ſpäter anzubringenden Lehrbogen, an dem zerbrochenen Kern einen feſten Stand zu geben, auf beiden Seiten des Kernes noch beſondere Stempel r r anbringen (Fig. 11 und 12).

Das Verhältniß des Bruches zu dem angränzenden Bau iſt in den Figuren 8 und 9 dargeſtellt. Die öſtlich angränzenden gedrückten Firſte der Auszimmerung, ſowie das weſtlich angränzende Gewölbe mit den Lehrbogen machten den Angriff des Richtſtollens in der benöthigten Höhe unmöglich, und mußte daher beim Auffahren durch den Bruch ſtets auf eine Erhöhung derſelben Rückſicht genommen werden. Das Auffahren geſchah von zwei Seiten. Nachdem man die vollſtändige Stollenhöhe, die man erſt in der Mitte des Bruches erreichte, erlangt hatte, wurden die Firſte nach beiden Seiten von der Mitte aus nachgenommen (Zeichnung Fig. 12, der Stollen iſt hier in ihrer ganzen Höhe angegeben, dagegen das erſte Auffahren derſelben mit punktirten Linien bezeichnet). Beim Nachnehmen der Firſte, was ebenfalls, wie das erſte Auffahren des Stollens durch Abtreibearbeit geſchah, wurde jedesmal mittelſt Hilfe von ſtarken Spreizen und proviſoriſchen Thürſtöcken und Kappen, welche neben dem auszuwechſelnden Thürſtockpaar angebracht wurden, letzteres durch ein neues und längeres erſetzt; dabei mußten die Kappen, welche faſt ganz zerdrückt waren, ebenfalls ausgewechſelt werden. Dieſe Stollenzimmerung wurde auf 10 Zoll ſtarke kantige Grundſohlen geſtellt, welche ihrer großen Länge wegen aus zwei Stücken angebracht werden mußten. Die Verbindung war mittelſt Schraubenbolzen und eiſerner Platten hergeſtellt. Theilweiſe wurden die Grundſohlen mit

ihren Köpfen in die am Kern ſtehenden Thürſtöcke des unteren Baues eingelaſſen, größtentheils jedoch, und zwar da, wo dieſelben neben den untern Thürſtöcken zu liegen kamen, durch beſondere Bolzen unterſtützt, um bei dem ſehr zerbrochenen Kern ein feſtes Lager zu erhalten; eben darum wurden auch auf dem Kern durchweg 3 Zoll ſtarke Brettſtücke quer untergelegt (Fig. 11 und 12). Die Kappen der Thürſtöcke waren 12 und 14 Zoll ſtark, kantig behauen, ihre Stempel 12 Zoll ſtark.

Bei dem Ausweiten, was in drei Abſätzen von je 14 Fuß Länge geſchah, wurden bei den Thürſtöcken zur Raumgewinnung ebenfalls Zwiſchenkappen mit Verſetzung angebracht und ſpäter, wie dieſes ſchon beim Ausweiten der unteren Stollen geſchehen, die Köpfe der Firſtenpfähle, welche hinten vorſtehend waren, durch Unterzüge unterfangen (Fig. 14). Die Kappen der Ausweitung wurden aus zwei Stücken zuſammengeſetzt, und mit Schrauben verbunden, da dieſelben ihrer großen Länge und des engen Raumes wegen nicht in einem Stücke angebracht werden konnten. Das erſte Feld der Ausweitung wurde noch durch die Grundſohlen, das zweite Feld dagegen durch beſondere auf den Kern, den Stempel r und den Bogenſtempel s (Fig. 11 u. 13) gelegte Schwellen und das dritte Feld von der Widerlagsmauer aus unterſtützt. Bei dem Vorrücken hieb man den obern Theil des untern Strecken-Ausbaues ſtückweiſe heraus, wodurch man für die Stempel des obern Baues den erforderlichen Raum beſchaffte.

Beim ſpäteren Aufführen des Gewölbes wurden durch Querunterzüge a, deren man auf die 14 Fuß langen Stücke des Gewölbes je vier anbrachte, und durch die Stempel t (Fig. 13) die Firſte des Baues in der Nähe der Seitenſtöße abgefangen, um dadurch die Aufführung des Mauerwerkes bis unter die Kappen des vorletzten Feldes, ſowie die Herausnahme der Stempel hierſelbſt zu ermöglichen. Nachdem das Gewölbe jene Höhe erreicht hatte, und die Kappe vollſtändig untermauert war, ließ man die Unterzüge a vor der Kappe durchhauen und die vordern Stücke derſelben nebſt dem Stempel t entfernen, dann wurde unter den vorſtehenden Köpfen der Pfähle des vorhergehenden Feldes ein dünner Unterzug u (Fig. 13), rechts von dem Lehrbogen aus durch Bolzen gehalten, angebracht, welcher beim Vorrücken des Gewölbes die Wegnahme des zweiten Unterzuges geſtattete. Beim weitern Vorrücken wurden dann auch die Thürſtöcke herausgenommen und die Enden der Richtſtollenkappen von dem Gewölbe unterfangen, wobei gewöhnlich, wenn man die Kappen nicht über die Thürſtöcke hatte vorſtehen laſſen, ein Verſchwächen des oberen Theiles der Strecken-Unterzugsſtempel ſtattfinden mußte; hier

nächst ließ man von einer über den Spannriegel der Lehrbögen angebrachten Schwelle v die Kappen in der Mitte durch Bolzen abstützen, wodurch die Herausnahme der Stollen-Unterzüge und ein Fortführen der Gewölbe möglich wurde; sodann ließ man die Kappen bis zur Hälfte ihrer Stärke herunterhauen und das Gewölbe zum Schlusse bringen. Das Verschwächen der Kappen geschah deßhalb, damit dieselben keinen schädlichen Einfluß auf das Gewölbe ausüben, da eine gänzliche Herausnahme derselben nur mit der größten Gefahr für den Bau hätte geschehen können.

Das Gewölbe wurde durchaus 3 Fuß stark mit Trasmörtel aufgeführt, und man gab demselben zur Ableitung des Wassers eine zwei bis drei Zoll starke Decke von diesem Mörtel mit Ueberdeckung von dünnen Steinplatten (Fig. 13). Diese Decke konnte jedoch bei dem hin und wieder sehr beengten Raume nur unvollkommen angebracht werden, weßhalb einem Durchsickern von Wasser auch nicht ganz zu begegnen war.

Mit dem Ausbrechen für die nächste Mauergurte im obern Theile des Bruches wurde erst dann begonnen, wenn die frühere vollständig geschlossen war.

Nach Beendigung der Brucharbeit wurde der gedrückte First des angrenzenden Baues nachgerissen und der Ausbau daselbst erneuert, wobei für das hier anzubringende Gewölbe ebenfalls auf eine Stärke von 3 Fuß Rücksicht genommen wurde. Das Gebirge, obgleich hier noch in unverrückter Lage, war dennoch zerrissen und mußte durchaus unterfangen werden, weßhalb auch hier die größere Gewölbstärke erforderlich war.

Schließlich bleibt noch die Art der Wasserbewältigung während der verschiedenen Arbeiten, so wie auch die Art der Förderung zu erwähnen. Durch die Neigung der Tunnelsohle von der östlichen zur westlichen Mündung würde man bei vollständiger Einhaltung der richtigen Sohle von der östlichen Seite aus stets die Förderung im Ansteigen erhalten und bei der Stollenarbeit fortwährend mit Wässern zu kämpfen gehabt haben. Dieses zu umgehen, ließ man die Sohle zunächst horizontal halten; doch blieb hierbei der Uebelstand, daß das Wasser neben dem Mauerwerk stehen blieb, und so beim wiederholten Wiederbringen der Fundamente lästig wurde. Da eine Absperrung des Wassers wegen des zerklüfteten Gebirges nicht möglich war, so mußte dasselbe jedesmal bei den Fundamenten, die in der Mitte des Tunnels bei der horizontalen Sohlendurchführung über 4 Fuß tief waren, mit Kübeln geschöpft, und durch an den Widerlagsmauern entlang mit starkem Gefälle nach der Mündung geführte hölzerne Gerinne entfernt werden.

Im westlichen Tunneltheil war dagegen bei Einhaltung der richtigen Sohle ein starker Wasserabfluß vorhanden, bloß bei Wiederbringen der Fundamente wurde das Wasser mittelst der Schaufel hinaus geworfen.

Zur Förderung der Berge aus dem Tunnel und der Materialien zur Bölzung und Mauerung in den Tunnel waren 3 Schienenbahnen gelegt worden, eine oben auf dem Mittelkörper, die zweite und dritte auf der Tunnelsohle neben den Widerlagsmauern.

Die Kosten der sämmtlichen unterirdischen Arbeiten betrugen einschließlich für die Materialien und für die Gebäude (zwei Steinmetzschuppen, 2 Kalk- und Utensilienschuppen mit Arbeiterstuben, eine Schmide, ein Pulverthurm und zwei Mörtelbereitungsbuden), nach Abzug von ungefähr 1500 Thlrn. als Erlös bei Veräußerung des alten Holzwerkes, des Arbeitsgeschirres, des Eisenwerkes ꝛc. im Mittel 66 Thlr. 22 Sgr. 6 Pf. für den laufenden Fuß fertigen Tunnel.

In Betreff der Zeit der Ausführung des Baues ist zu erwähnen, daß bei einem möglichst beschleunigten Betriebe fünf laufende Ruthen von beiden Seiten des Tunnels durchschnittlich in vier Wochen hergestellt wurden.

Tunnel bei Czernitz

der preußisch-schlesischen Wilhelmsbahn.

(Auszug aus dem Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens 12. Jahrgang.)

Tafel VIII.

Außer der Ausführung des Themsetunnels hat wohl kein unterirdischer Verbindungsweg so große Schwierigkeiten dargeboten, als der Tunnel bei Czernitz in Oberschlesien. Die mächtigsten Feinde des Bergmannes, enormer Druck, Wasser und schwimmendes Gebirge reichten einander gleichsam die Hand, so daß beinahe kein Tag während des Baues verging, an welchem nicht ein Hinderniß in ungewöhnlichen Dimensionen aufgetaucht wäre, dessen Bewältigung oftmals zur Riesenarbeit wurde.

Leider häuften sich die Hindernisse immer mehr, die Bewegungen des Materiales wurden immer größer, so daß man ihrer nicht mehr Meister werden konnte, und sie waren Ursache eines bedeutenden Einsturzes des Tunnels noch vor seiner gänzlichen Vollendung, welcher die fernere Rekonstruktion und den Weiterbau vorläufig sistiren machte.

Die Länge des Tunnels selbst beträgt 133½ Ruthen; sammt den Façaden und den gewölbten Eingängen 200 Ruthen. Die Steigung der Bahn an der Nordseite beträgt 1:85, an der Südseite 1:400. Die Richtung des Tunnels ist in der Mitte des Tunnels eine Curve von 78½ Ruthen Länge und 150 Ruthen Halbmesser, welche gegen die beiden Eingänge in gerade Linien ausläuft. Die durchfahrene Gebirgsformation bestand von Norden aus dem am günstigst scheinenden Vorkommen von Gipsletten, ferner aus Triebsand, endlich aus der sogenannten Kurczawka (ein polnischer Provinzialismus, d. i. eine Mischung aus feinen Lettentheilen, Sand und Wasser).

Die Bauart war jene mit Anwendung des Mittelkörpers, welche zur Folge hatte, daß das Sohlengewölbe erst nachträglich eingespannt werden konnte und wahrscheinlich sehr viel zu dem Einsturz des Tunnels beigetragen haben mag.

Die Bölzungsart war für die erſten 33 Ruthen nach Figur 1, wobei die Verpfählung ſenkrecht auf die Tunnelare geſteckt wird. Die Kronenbalken hatten eine Länge von 12 preußiſchen Fuß. Die Entfernung der einzelnen Geſpärre betrug 3 bis 4 Fuß.

Bei der großen Beweglichkeit des Materiales, in welchem nicht ein Quadratfuß Fläche ohne ſogleiche Verpfählung ſtehen blieb, war die Ausführung dieſer Zimmerungsart nicht nur eine äußerſt ſchwierige, ſondern auch gefahrvolle und hat zu oftmaligen Verſchüttungen und Ablöſungen Anlaß gegeben, indem das Treiben der Pfähle ſenkrecht auf die Tunnelare einen größeren Arbeitsraum und eine längere Strecke, welche zugleich in Angriff genommen werden ſoll, für den Aushub bedingt.

Aus dieſen Gründen, und da ſich die Gefahren immer mehr häuften, wurde dieſe Art der Zimmerung aufgegeben und jene angewendet, bei welcher die Verpfählung im ganzen Umfang des Tunnelprofiles nach der Länge der Tunnelare geſteckt wird, und welche bisher bei den Tunnelbauten in Oeſterreich die meiſte Anwendung fand. Hierbei muß jedoch beſonders hervorgehoben werden, daß auch dieſes Bauſyſtem mit Beibehaltung des Mittelkörpers angewendet wurde, wie Figur 2 zeigt.

Der erwähnte Mittelkörper hatte eine Breite von 16 Fuß und eine Höhe von 10 Fuß über der Nivelette und hatte daher die größten Dimenſionen, welche in dem Tunnel möglich waren, deſſenungeachtet hatte derſelbe bei der großen Beweglichkeit des Materiales gar keine eigene Stabilität und Feſtigkeit.

Das Abteufen der Widerlager zu beiden Seiten des Mittelkörpers, ſo wie der Aushub des obern Tunnelgewölbes konnte nicht anders als mittelſt Triebbau bewerkſtelliget werden, wobei, wie die Figur 2 zeigt, im obern Gewölbe die Pfähle der Länge des Tunnels nach, in den Widerlagern die Pfähle von oben herab ſenkrecht geſteckt wurden.

Auf dieſe Art war der Mittelkörper von allen Seiten verpfählt und eingeſchloſſen und demſelben eine künſtliche Stabilität, ſowie Tragfähigkeit für die obere Polygonauszimmerung gegeben worden.

Unter den größten Gefahren und Hinderniſſen waren die Arbeiten ſo weit fortgeſchritten, daß das Tunnelgewölbe im ganzen Tunnel vollſtändig geſchloſſen war, daß ferner noch ungefähr 20 l. Ruthen Mittelkörper zu entfernen und gegen 30 l. Ruthen Sohlengewölbe einzuſpannen waren, bis am 10. Mai 1857 an der Stelle, wo der Mittelkörper noch ſtand und das Sohlengewölbe noch fehlte, ein derartiger Sohlenauftrieb und Bewegung des Materiales erfolgte, daß dieſe den Einſturz des Tunnels und die Siſtirung des Baues zur Folge hatte.

Die noch zu machenden Arbeiten, als die Ausschlagung des Mittelkörpers und die Einsetzung der Sohlengurten konzentrirten sich, von beiden Seiten vorwärts getrieben, in der Nähe des Schachtes Nr. 1, der bis zur Schienenhöhe 85 Fuß Teufe hat und den Gipfel des Bergrückens bildet.

Die Gebirgsformation besteht hier aus Gipsletten, die Firste des Baues wurde durch das Hangende eines mächtigen Gipslagers getrieben — ein Umstand der wesentlich bei der Auszimmerung zu der ungewöhnlichen Druckäußerung beitrug und auch bei der nachträglichen letzten Katastrophe einen thätigen Gehilfen abgab.

Der eben erwähnte Druck war so bedeutend, daß 16 Zoll Durchmesser haltende Kappen, welche 3- auch stellenweise bis 5 Mal durch Unterzüge unterfangen waren, total zerbrochen, verdreht und zerspalten wurden, daß die 24 Zoll starken Unterzüge durch die unterstellten Bocksäulen bis auf 2 und 3 Zoll zusammengepreßt, ja theilweise dergestalt durchgesetzt waren, daß das Hirnholz der Bocksäule a (Fig. 3) in die Kappe b selbst eindrang und die Splitter der Unterzüge c bei Seite drängte.

Nach allen den Anzeigen der Bewegungen konnte es keinem Zweifel mehr unterliegen, daß eine von unten kommende Kraft mit die Hauptursache des öfteren bis zu 18 Zoll steigenden Aufbrechens der Grundsohle d und des darüber geschlagenen Steges e (Fig. 3) sein müsse, zumal dieser Auftrieb sich in der Bewegung des Mittelkörpers ebenfalls klar und deutlich kund gab.

Demgemäß mußte bei Aushebung des Mittelkörpers mit der größten Vorsicht zu Werke gegangen werden. Aus dem Längenprofil (Fig. 4) ist die Partie in der Gegend des Schachtes 1 ersichtlich und zur Erläuterung des Standes der Arbeiten Ende April 1857 vor der eingetretenen Katastrophe dient noch die Bemerkung, daß vom Schacht 1 nach Süden der angedeutete Kern noch circa 15 Ruthen Länge hat und der ganze übrige Tunnel bereits mit dem Sohlengewölbe versehen war. Außerdem ist noch zu bemerken, daß die Partie B bis C gleich im Anfang des Baues im obern Gewölbe blos mit 3 Ziegelstärken, die Widerlager in der Kämpferhöhe blos 3 Fuß stark, aus Bruchsteinen hergestellt wurden, bald darauf 2 bis 3 Zoll breite, von oben nach unten laufende Risse erhielt und die Köpfe der Steine ausbrachen. Schon im Januar 1857 wurden diese Erscheinungen so heftig und gefährlich, daß eine Partie CD von 12 Fuß Länge gänzlich abgetragen und neu gemauert werden mußte. Ferner waren auf der ganzen Strecke von B nach C

Fußſteine aus dem oben erwähnten ſchlechten verwitternden Sandſteine und in der kleinen Dimenſion von 15 Zoll Höhe angewendet worden.

Nachdem bei dem bisherigen Vorgange mit dem Einbringen des Sohlengewölbes Alles ſeinen günſtigen Verlauf genommen hatte, wurde in der Nähe von A (Fig. 4) die Bemerkung gemacht, daß die Fußſteine zerbrochen und in dem Tunnel nebſt den Steinen der Untermauerung hereingeſchoben waren. (Fig. 5). Aus dieſer Urſache wurde augenblicklich eine ſtärkere Einrüſtung mit durchlaufenden Spreitzen vorgenommen als dieß bisher bei Gelegenheit des Aushubes für das Sohlengewölbe der Fall war. Doch ſchon des andern Morgens, am 23. April, nachdem es ſeit 3 Wochen ununterbrochen geregnet hatte, und das Tagwaſſer in den Tunnel eingedrungen ſein mußte, zeigte es ſich, daß dieſe Spreizen zu freſſen anfingen. Dieſes Einbeißen wurde an demſelben Tage noch ſo arg, daß die zwiſchen dem Hirnholze der Spreizen liegenden Ziegelſtücke und Pfoſten zu zerſpringen anfingen, und vorgenommene Meſſungen ergaben, daß in den wenigen Stunden die Widerlager um 22 Zoll zuſammen geſchoben wurden. Durch eine vermehrte Einbauung von Spreizen und eine allſogleiche Einbringung des Sohlengewölbes wurde der Bewegung für den erſten Augenblick ein Widerſtand geleiſtet. Nach einigen Tagen jedoch zeigte ſich dieſe Bewegung neuerlich dadurch, daß das Sohlengewölbe an ſeinen Anlaufspunkten in der Nähe der Fußſteine ſich um einige Zolle emporbauchte.

Dieſe Ausbauchung beſtand in einem 2 bis 3 Zoll ſtarken, von der Bewegung der Kante der Fußſteine herrührenden 10 bis 12 Zoll gegen die Tunnelaxe zu abgeſprengten Stücke, und da der Scheitelpunkt des Sohlengewölbes noch in der richtigen Lage und der untere Theil desſelben an den Anlaufspunkten noch mit den Fußſteinen in gehörigem Zuſammenhang blieb, ſo war nur deshalb deſſen Haltbarkeit in Zweifel zu ziehen, weil das Mauerwerk noch zu neu war und dasſelbe dem plötzlichen Gebirgsandrange noch nicht hinreichend widerſtehen konnte. Es mußte daher die meiſte Hoffnung auf die Holzauszimmerung gerichtet bleiben.

Während dieſes ganzen Vorganges wurde bei E'F (Fig. 4) das Sohlengewölbe eingeſpannt, bei FG und JH die Entfernung des Mittelkörpers betrieben, und für eine Einſpannung des Sohlengewölbes Sorge getragen.

Nun zeigten ſich in der Partie der ſchadhaften Mauerung zwiſchen B und D im Punkte des 45ſten Grades des Gewölbes 2 bis 3 ungefähr 15 Zoll im Durchmeſſer haltende Stellen, an denen die Köpfe

der Kluker bis auf ein und zwei Zoll Tiefe vorerst sich ablösten und ausbröckelten. In der That konnte auch das 3 bis 4 Ruthen lange Stück des Mittelkörpers den Widerlagern keinen Schutz mehr bieten, und es handelte sich darum, diese Erdmasse so schleunig als möglich zu entfernen, um eine standhaltende Holzauszimmerung einbauen zu können, zu welchem Behufe vorläufig über dem Kerne Spreizen quer über den Tunnel laufend, a a (Fig. 4) geschlagen wurden.

Am 1. Mai waren die quer über den Tunnel an den beiden Widerlagern angekeilten mittlern Riegel b, b, des Schachtstuhles d e f g derart durchgebogen, daß die Führung für die Material-Hunde verbogen ward und die Förderung eingestellt werden mußte. Diese Verbiegung konnte allen Anzeichen zur Folge blos von der Sohle aus erfolgen, und es hätte eine Stützung des Schachtstuhles nichts nützen können. Es blieb daher nichts Anderes übrig, als die mühselige Arbeit der Erneuerung desselben vorzunehmen, welche auch im Laufe des folgenden Tages und der Nacht vorgenommen wurde.

Am 3. Mai, nachdem es immer noch anhaltend regnete, gerieth plötzlich die ganze Sohle von A bis G, also ungefähr 10 Ruthen Länge in Aufruhr. Das Sohlengewölbe E F wurde wegen seines vereinzelten Dastehens arg beschädigt und in die Höhe gehoben, das bei F und G in Arbeit begriffene Sohlengewölbe aber beinahe gänzlich zertrümmert. Der neu erbaute Schachtstuhl wurde furchtbar zerbrochen. Zum Glücke war die ganze Schachtzimmerung durch die nachträglich mit der größten Mühe und Gefahr eingezogenen Tragstempel h, h, gehörig auf das Gewölbe gesetzt und es unterlag dieselbe vor der Hand keiner weitern größeren Gefahr. Demungeachtet wirkte die Bewegung selbst auf den schon von früher schadhaften und nicht den Umständen angemessen ausgezimmerten Schacht und richtete in dessen Holzwerke großen Schaden an.

Da während der ganzen Zeit die schadhaften Stellen im obern Gewölbe immer größer und zahlreicher wurden, mußte gleichzeitig mit den eben beschriebenen Arbeiten an eine Abbölzung des Gewölbes gedacht werden. Diese bestand, wie Fig. 7 darstellt, darin, daß auf die in der Gegend der Kämpferlinie des Gewölbes über dem Kerne geschlagenen Querspreizen Unterzüge gelegt wurden, auf welche die Schwellen b kamen, welche wieder mit der Kopfsäule c und einem die Längenverbindung bildenden Unterzuge d die Zirkelhölzer zu halten hatten. Der gleichzeitig abgetragene Kern wurde durch Kämpfer- Mittel und Sohlen-Spreizen, die an Zirkelhölzer k k geschlagen wurden, ersetzt, und das Aufquillen der Sohle durch unterlegte Pfosten verhindert.

Am 5. Mai war die Länge des Mittelkörpers A J bis auf 2 Ruthen geschmolzen, an der Sohle waren durchaus Spreizen von den stärksten Dimensionen geschlagen, und auch die Kämpferspreizen hatten sich vermehrt. Von den beschriebenen obern Gespärren (Fig. 7 und 8) standen auch bereits mehrere.

So wie bisher in dieser Strecke blos die allergefahrvollsten Stellen abgefangen wurden, war nun nach und nach die ganze Strecke abgespreizt und verzimmert, die gebrochenen oder verschobenen Hölzer ausgewechselt worden, und man gab sich nach dieser riesenhaften und gefahrvollen Arbeit am 9. Mai der angenehmen Hoffnung hin, daß der Bewegung wirksam gesteuert und die Gewalt in den Händen der Arbeit sei. Leider war diese angenehme Hoffnung nur von kurzer Dauer, denn die Nacht vom 9. zum 10. Mai führte die schreckliche Katastrophe herbei, welche die viele Mühe, Aufopferung und Gefahr der frühern Tage zu Nichte machte, welche, wenn auch nicht der gänzliche Einsturz des Tunnels eintrat, doch zur Folge hatte, daß dessen Benützung vorläufig aufgegeben und die Arbeiten eingestellt wurden.

Kurz vor 12 Uhr wurde das Herabfallen der Ziegelstücke aus dem Gewölbe plötzlich so arg, daß die darunter arbeitenden Leute eiligst die Flucht ergreifen mußten. Die Zimmerung fing an nachzugeben und zu brechen, so daß man jeden Augenblick den letzten betäubenden Schlag — den des vollständigen Zusammensturzes — erwartete. Nach 2 Uhr fing der Lärm an nachzulassen, und ein und eine halbe Stunde später trat lautlose Stille ein. Die Bewegung der Masse schien ihre Grenzen erreicht zu haben.

Das Sohlengewölbe war ungefähr 10 Ruthen von A gegen Norden her dergestalt emporgepreßt worden, daß es in der Gegend von A (Fig. 4) nur noch 10 Fuß von der Gewölbefirste entfernt war. Abstrahirte man also von der Senkung des Gewölbes, so war daselbst die Sohle um 17 Fuß 6 Zoll emporgestiegen, und da spätere Messungen hier gegen 6 Fuß Niedergang des Gewölbes auswiesen, so hatte das Sohlengewölbe in diesen wenigen Stunden einen Auftrieb von beinahe 12 Fuß erlitten.

Die Schienenbahnen lagen zu beiden Seiten dieser Aufquillung senkrecht, und einzelne Schwellen und Spreizen lagen im größten Gewirre durcheinander. Das Gewölbe selbst glich mehr einem Segmente und war im Brechungspunkte so gefahrvoll ausgebrochen, daß es jeden Augenblick herabzustürzen drohte. Fig. 9 und 10 sind genau aufgenommene Querprofile und erklären die Bewegung deutlicher. Bei dieser un-

geheuren Bewegung, bei der enormen Geschwindigkeit, mit der die ganze Katastrophe vor sich ging, war es nur ein Wunder, wie das Gewölbe noch stehen konnte, und es ist hierfür einzig und allein das gute Ziegelmateriale und die solide Arbeit als Grund anzugeben.

Nachdem sich im Verlauf des 10. Mai keine weitere Bewegung, als ein noch langsam fortschreitendes Steigen der Sohle gezeigt hatte, trat die Befürchtung ein, daß das Sohlengewölbe gegen Norden zu noch weiter aufgerissen werden könnte. Um demselben vorzubeugen, wurde auf dem letzten Ende des noch guten Sohlengewölbes ein sogenannter Versatz aufgeführt, der das weitere Vordringen der Bewegung hemmen sollte. Dieser Versatz (Fig. 16) hatte eine Länge von 12 Fuß und war solide aus Mauerwerk von guten Klinker-Ziegeln derart hergestellt, daß derselbe eine Verstärkungsgurte oder Ring in dem fertigen Tunnelgewölbe mit der lichten Höhe von 15 Fuß und 12 Fuß Breite bildete. An der südlichen Ende-Verdrückung wurde die noch stehen gebliebene Einrüstung gehörig und entsprechend verstärkt und dadurch ein hölzerner Versatz (Fig. 14, 15 und 16) gebildet.

Um für einen etwa eintretenden Wieder- und Weiterbau des Tunnels so viel wie möglich zu retten und den gänzlichen Einsturz so ziemlich auf den kleinsten Raum zu beschränken, wurde nun von dem gemauerten Versatz streckenweise vorgedrungen, die Sohle in verschiedenen Höhen nach der Längenrichtung des Tunnels stufenweise planiert, und auf diese das Gewölbe und die Widerlager neu abgefangen, und vollständig ausgezimmert. Die Construktion der Auszimmerung ist in den Figuren 11, 12 und 13 ersichtlich.

Nach dieser Art wurde die ganze Strecke von 24 Ruthen und 4 Fuß Länge innerhalb 31 Tagen und Nächten total ausgezimmert und nur der Energie, dem Fleiß und der Ausdauer, welche diese Riesenarbeit binnen der kurzen Zeit vollbrachte, ist es zu danken, daß der gänzliche Einsturz des Tunnels verhütet wurde.

Die Kubikmasse des in dieser Zeit eingebauten Holzes betrug 37,790 Kub. Fuß, wozu 3242 Arbeitsschichten nöthig waren. Fig. 16 stellt ein gedrängtes Längenprofil des ausgerüsteten Theiles mit der herabgedrückten Firste und der aufgetriebenen Sohle dar.

Triebitzer Tunnel

der Olmütz-Prager Staats-Eisenbahn.

Tafel XXIII.

Als im Jahre 1842 die Staatsverwaltung den Eisenbahnbau, der früher in den Händen von Privaten war, selbst übernahm, waren zwischen Wien und Prag fünf Linien bereits projectirt. Nach vielfach gemachten Studien entschied man sich für die Linie von Olmütz über Triebitz mit einem Tunnel daselbst nach Prag, und der Bau wurde auf Grundlage des von der Nordbahngesellschaft ausgearbeiteten Projectes im Jahre 1842 begonnen.

Der Triebitzer Tunnel war in diesem Projecte als Felsendurchbruch bezeichnet und berechnet, zu welcher Annahme man sich durch die bei Triebitz sichtbaren nackten Felsen berechtigt glaubte. Aber die im Sommer 1842 vorgenommenen Untersuchungen mittelst Bohrlöcher und Probeschächte lieferten ganz entgegengesetzte Resultate und zeigten, daß das Terrain, durch welches der Tunnel geführt werden sollte, durchgehends Letten, durchzogen mit wasserführenden Sandschichten enthalte. Daß unter diesen Verhältnissen die Ausführung des Tunnels bedeutend höher zu stehen kommen müsse und bedeutende Schwierigkeiten bieten werde, war außer Zweifel; trotzdem entschloß sich die Staatsverwaltung, nachdem die angeordneten Untersuchungen zur gänzlichen Umgehung des Tunnels kein günstiges Resultat lieferten, zur Ausführung desselben.

Auf der flachen Wasserscheide zwischen Böhmen und Mähren erhebt sich ein schmaler Rücken aus rothem Sandstein der zu beiden Seiten von der Kreideformation begleitet in nordwestlicher Richtung an Triebitz vorüberzieht. Durch einen Quersattel dieses Sandsteinrückens führt die Eisenbahn von Rudelsdorf nach Triebitz. Der Sattel selbst ist aber nicht in Sandstein eingefurcht, sondern mit Thonerde und losen, wasserführenden Sandschichten ausgefüllt, durch welchen ungünstigen und beweglichen Boden der Tunnel 10 Klafter unter der Oberfläche und in einer Länge von 268 Klaftern (Fig. 8) durchgeführt ist.

Die wasserführende Sandschicht erscheint schon in der Tiefe von 5 Klaftern unter dem höchsten Punkte der Wasserscheide, und da sich dieselbe gegen Osten, in einem stärkeren Winkel als der Tunnel verflacht, so durchschneidet sie selben und zieht durch eine geraume Strecke längs des Tunnels. Dieses Sandlager faßt alles Seigwasser auf, wirkt erweichend und auflösend auf den angrenzenden Letten und wird durch seine Nässe und durch den mechanischen Druck des schlüpfrigen, leicht in Rutschungen zu versetzenden Letten, für den Tunnel doppelt gefährlich. Durch den Zutritt der atmosphärischen Luft bläht sich der Letten bei seiner chemischen Zusammensetzung auf, vergrößert sein Volumen und wirkt dann mehr durch hydrostatischen als mechanischen Druck.

Nach diesen Ermittlungen ist man zu der Ueberzeugung gelangt, daß der Tunnel in seinem ganzen Umfange, d. h. mit Scheitel und Sohlengewölbe, ausgemauert werden müsse, jedoch konnte man sich lange Zeit nicht über die Methode, nach welcher der Bau eingeleitet werden sollte, einigen, bis man sich endlich entschloß, den Mittelkörper erst abzutragen, wenn das Scheitelgewölbe beendet und geschlossen wäre, und daher das Sohlengewölbe nachträglich eingespannt wurde.

Zur Beschleunigung der Arbeiten waren fünf Förderschächte, außerdem noch, da der Einbruch von den Einschnitten durch längere Zeit hätte verzögert werden müssen, bis diese ausgearbeitet waren, zwei Mundschächte angelegt worden. Diese Schächte wurden in der Linie des rechten Widerlagers abgeteuft und waren sämmtlich in weniger als zwei Monaten auf die erforderliche Tiefe gebracht. Der Wasserzufluß nahm in den Schächten von der nördlichen Seite so ab, daß der westliche Mundschacht beinahe gar kein Wasser enthielt, während der östliche wegen zu großen Andranges sistirt werden mußte. Zur Beseitigung des Wassers war in jedem Schachte ein Sumpf von $6\frac{1}{2}$ Fuß Tiefe angelegt, in welchen sich das Wasser sammeln und dann leicht herausgeschafft werden konnte.

Sobald die Schächte abgeteuft waren, wurde an der Sohle des Tunnels unmittelbar unter denselben, also für das rechte Widerlager ein Stollen getrieben, derselbe mittelst einer Thürstockzimmerung verbaut (Fig. 9), die Seitenmauern in denselben aufgemauert, sodann bis zum Gewölbsanlauf erhöht und ebenso das Mauerwerk fortgesetzt.

Nachdem der rechte Stollen in seiner ganzen Länge hergestellt war, wurden in Zwischenräumen von 20 zu 20 Klaftern Querschläge eröffnet, und von diesen aus der Stollen für das linke Widerlager in Angriff genommen. Sowohl für die Querschläge als für den linken Stollen wurde die Thürstockzimmerung beibehalten.

Nach der Herſtellung der beiden Stollen ſollte gleich mit der Maue rung der Fundamente für die Widerlager begonnen werden. Allein das ganze Stollengebäude war in Folge der Grunderweichung durch ſteten Waſſerzufluß um 15, 20 bis 30 Zolle verſenkt, und an vielen Stellen durch den Druck von Oben und an den Seitenwänden, ungeachtet der eingebauten Hilfszimmer- und Schubſpreizen, ſehr verengt, 18- ja 22zöllige Stempel wurden ganz flach gedrückt. Die von dem Förderſchacht III ausgehenden Stollen waren trotz aller Vorkehrungen in 2 bis 6 Klafter langen Strecken eingegangen, und es konnte der neue Durchſchlag nur mit größter Anſtrengung hergeſtellt werden.

Im Verhältniß der Senkung des Stollens mußte an jenen Stellen das Fundament verſtärkt werden.

Nach der Fundamentherſtellung wurde die Aufmauerung der Widerlager in zwei Etagen bewerkſtelligt.

Nach dem feſtgeſtellten Normal-Tunnel-Profile ſollten in der erſten Etage 5, in der zweiten 7 Hauſteinſchaaren angeſetzt werden, wobei die Dimenſionen der Hauſteine von unten nach oben abnehmen ſollten. In Folge der oben angeführten Einſenkung des Stollengebäudes konnten jedoch die für die erſte Etage aufzuführenden 5 Schichten nicht eingebaut werden, daher die Ausgleichung in der zweiten Etage bewerkſtelligt werden mußte.

Für den Stollen in der zweiten Etage wurde die Thürſtockzimmerung beibehalten, und die Zimmer genau über jene der untern Etage geſtellt; jedoch erhielten die Zimmer an den in der untern Etage eingeſunkenen Stellen eine dieſer Einſenkung entſprechende größere lichte Höhe, um die für das Deckengewölbe beſtimmte Widerlagshöhe zu erreichen.

Das Mauerwerk für die zweite Etage wurde an den verſchiedenen Angriffspunkten immer dann begonnen, wenn der Stollen 10 bis 12 Klafter durchgetrieben und abgeſteift war. Sobald dasſelbe bis zur vierten Schaar des Deckengewölbes aufgeführt war, wurde es gegen den Mittelkörper abgebölzt, wie in Fig. 9 und 10 erſichtlich gemacht iſt.

Eine vertikale Senkung des Mauerwerkes fand während des Baues nicht ſtatt, was ſich daraus erkennen ließ, daß an den Durchſchlagspunkten der Schächte der Gewölbsanlauf regelmäßig zuſammenfiel.

Dagegen fand durch den Seitendruck, eine Bewegung der Widerlager nach Innen ſtatt, und ſtets war es der mittlere Erdkörper, an welchem die Widerlager abgeſpreizt waren, welcher dem Drucke nachgab, und das Hineinrücken der Widerlager in Ermanglung des Sohlengewölbes zur Folge hatte.

Der Bau des Deckgewölbes war mit großen Schwierigkeiten verbunden. Es konnten nie größere Strecken als höchstens 8 laufende Klafter mit einem Male abgebaut werden; wobei in den vorderſten 2 Klaftern das Einbringen der Sparrengeſtelle (Fig. 11 und 12) in den nächſten 2 Kalftern das Einbauen der Bölzungs-Geſtelle (Fig. 13 und 14) in den dritten 2 Klaftern die Aufſtellung der Lehrbögen (Fig. 15 und 16) und in den letzten 2 Klaftern die Mauerung gleichzeitig betrieben wurde. In vielen Fällen beſchränkte ſich dieſer Arbeitsraum blos auf zwei Klafter, innerhalb welcher nach dem beſchriebenen Abbau vorgegangen werden konnte.

Es wurde bei allen Zimmerungen ein Setzen derſelben bemerkt, und daher die Kappen gleich beim Abbaue um 2 Fuß über dem Deckgewölbe gehalten; demungeachtet aber waren die Kappen und Sparren der Ausrüſtung ſo tief herabgedrückt worden (wie in Fig. 17 dargeſtellt iſt), daß zur Herſtellung der normalen Gewölbmauerſtärke die Zimmer ſtückweiſe herausgehauen werden mußten.

Trotz der vorſichtigſten und mühevollen Abſteifung erfolgten dennoch im Scheitel mehrere Durchbrüche, deren Bewältigung oft 2 bis 3 Wochen der größten Anſtrengung erforderten. An zwei Punkten weſtlich des Hauptſchachtes III mußte der Bau in Folge ſolcher Durchbrüche gänzlich eingeſtellt und die Arbeit von der entgegengeſetzten Seite in Angriff genommen werden. In ſolchen Fällen war die Zimmerung bis zur Unkenntlichkeit des Zweckes der einzelnen Theile verſchoben und zerbrochen.

Die Einſpannung des Sohlengewölbes wurde begonnen, wenn zwiſchen zwei Schachten das Deckgewölbe geſchloſſen, der Mittelkörper abgetragen, und die Fußſteine auf das ſorgfältigſte gegen einander abgeſpreizt waren.

So lange das Deckengewölbe durch die Sparrenzimmerung, und der Vertikaldruck gleichſam auf den mittlern Erdkörper übertragen war, kam keine Senkung des Gewölbmauerwerkes vor. Mit der Entfernung des Mittelkörpers, ſo wie mit der Ausgrabung für das Sohlengewölbe jedoch traten Senkungen und häufige Bewegungen des Mauerwerkes ein, indem die ganze Laſt des Gewölbes und der darauf drückenden Erddecke auf die Widerlager, deren Fundamente zur Einſpannung des Sohlengewölbes nach Innen bloß lagen, übertragen wurde. Dieß war der gefährlichſte Zeitpunkt des Baues. Nur mühſam konnte das Auseinanderhalten der Fußſteine mittelſt Abſpreizen bewirkt werden. Die $^{12}/_{16}$-zölligen Wandruthen, ſo wie die 16zölligen 17 Fuß langen Stege knick-

ten an manchen Orten durch den Seitendruck zusammen; und obwohl das Sohlengewölbe an 7 Stellen gleichzeitig in Angriff genommen und mit der größten Anstrengung gearbeitet wurde, so erforderte dessen Vollendung dennoch 8 Wochen. Während dieser Zeit dauerte nicht nur das Hereindrücken, und Senken der Widerlager und des Deck-Gewölbes fort, sondern es trat auch eine entgegengesetzte Bewegung ein, die ein Abdrehen der ganzen Tunnelröhre herbeiführte.

Die zu dieser Zeit gemachten Beobachtungen zeigten, daß die Fußsteine bald rechts bald links bis über einen Fuß tiefer als auf der andern entsprechenden Seite herabgedrückt waren. Die von der Mittellinie bis zu den Fußsteinen gemessenen Breiten zeigten, daß die Füße der Widerlager durchgehends zusammengedrückt und die lichte Breite bis zu 4 Fuß verengt war.

Die Schächte waren anfangs blos für einen Felsentunnel angelegt, mußten aber später, da bei der Enge der Stollen sowohl die Erde heraus-, als auch Baumateriale hineingefördert werden mußte, erweitert werden, was ohne besondere Schwierigkeit vor sich ging. Von den 5 Schachten wurden die Schachte 2 und 4 später zugeschüttet, die Schachte 1, 3 und 5 aber ausgemauert.

Besonders ungünstig wirkten auf den Bau des Triebitzer Tunnels die schlechten Witterungsverhältnisse der Jahre 1843 und 1844, in welche die Hauptarbeiten nämlich die Stollenführung, die Ausmauerung, die Ausrüstung der Gewölbe und die Aushebung des mittlern Erdkörpers fielen. Diese ungünstigen Verhältnisse wurden noch dadurch vermehrt, daß die Wasserscheide im Niveau der Bahn nicht in den Tunnel, sondern auf der nordwestlichen Seite, außerhalb des Tunnels festgesetzt wurde. Durch diese Bestimmung wurde das in den 100° langen offenen westlichen Einschnitt bei Regengüssen fallende Wasser auf der mit $^1/_{150}$ geneigten schiefen Ebene sämmtlich in den Tunnel geführt, und wirkte erweichend auf den mittlern Erdkörper, an welchen sich die Bölzung der Stollen und des Gewölbes stützte, so daß in seiner größern Länge eine Verschiebung stattfand, welche sich durch Quetschung und Berstung der Bolzenstücke kundgab. Obgleich bei solch großen Regengüssen sämmtliche Arbeitskräfte zur Verdämmung des westlichen Einschnittes aufgeboten wurden, um das Eindringen des Regenwassers in den Tunnel zu verhüten, so konnte man dennoch kein günstiges Resultat dadurch erzielen. Der in den Einschnitt fallende Regen hatte zur Folge, daß im Monat Mai 1844 die Seitenflächen desselben derart einstürzten, daß die Wandmauern sammt den Fundamenten herausgerissen wurden.

So wie durch den westlichen Einschnitt drang das Regenwasser auch aus der obern Bedeckung theils als Sickerwasser, theils als Quellen, die in der Tunnelsohle aufstiegen, in den Tunnel. Diese Quellen führten besonders bei Regengüssen bedeutende Massen von aufgeweichten Letten mit sich, welche die Stollen und Wasserabzugsgräben gänzlich verschlämmten, wodurch in der Tunnelbedeckung leere Räume und Rutschungen entstanden, die durch ihren gewaltigen Druck dem Baue sehr gefährlich wurden. Diese Rutschungen gaben sich auf der Oberfläche durch plötzliche trichterförmige Einsenkungen von 4 bis 5 Klafter obern Durchmesser und 8 bis 10 Fuß Tiefe kund.

Um diesen Einsenkungen vorzubeugen, wurde das ganze Terrain ober dem Tunnel regulirt und Wasserabzugsgräben hergestellt, nachdem sich selbe nicht genügend gezeigt, so suchte man im Jahre 1847 durch eine Waldanpflanzung ober dem Tunnel die schädliche Wirkung des Regenwassers zu schwächen.

Aber trotz aller angewendeten Vorsichtsmaßregeln konnte man einen Stillstand des Mauerwerkes nicht erzwecken, sondern das allmähliche unaufhaltsame Hereinrücken der Widerlager dauerte fort, so daß das Sohlengewölbe stellenweise bis zu 3 Fuß emporgedrückt wurde, und zur Erhaltung des Tunnels im Jahre 1847 die Auswechselung und Einspannung eines neuen Sohlengewölbes auf eine Länge von 42½ Klafter nothwendig ward.

Tunnel Nr. V. am Karst

der Wien-Triester Staats-Eisenbahn.

Tafel XIII.

Unweit des Ortes Cepun am Karste durchschneidet die genannte Eisenbahn einen Bergrücken mittelst des Tunnels Nr. 5 in einer Tiefe von 22 Klaftern unter dem höchsten Punkte desselben. Die Richtung der Bahn im Tunnel ist an der Südseite eine gerade Linie, welche am nördlichen Ausgang in einen Bogen mit dem Halbmesser von 160 Klaftern nach links ausweicht, jedoch so, daß die freie Durchsicht des Tunnels nicht gestört wird. Das Niveau-Verhältniß der Bahn im Tunnel ist das gleiche, wie zu beiden Seiten außerhalb desselben 1:150, und zwar in der Richtung nach Triest ein fallendes.

Die Länge des Tunnels beträgt 171°.62 Klafter, wovon 3 Klafter für die beiden Facaden und 3·5 Klafter für Einwölbung eines Theiles des südlichen Einschnittes entfallen, so daß die Länge des Tunnels für den Bau 165·12 Klafter war. Im Querschnitt hat derselbe in der Niveletten-Höhe eine lichte Breite von 24 Fuß, in der Widerlager-Höhe von 25½ Fuß, und lichte Höhe von der Nivelette bis zum Gewölbsschluß von 20 Fuß. In Tafel I findet sich die Construktion der Gewölbslinie dargestellt.

Das Aushubs-Materiale bestand aus sehr hartem grünlich blauen thonhältigem Sandstein, welcher in ziemlich regelmäßigen Schichten von 12 bis 36 Zoll Mächtigkeit lagert; zwischen diesen Schichten fanden sich theils plastischer Thon, Thonschiefer, theils fetter gelber Letten in einer Stärke von 1 bis 3 Zoll, welche Zwischenschichten viel Wasser führten und daher den harten Sandsteinschichten glatte und bedeutende Rutschflächen boten. Aus dieser Ursache war der Bau des Tunnels, ungeachtet der größte Theil des Aushubes nur durch Sprengung gewonnen werden konnte, durch den bedeutenden Druck und die oft seitliche Bewegung ein beschwerlicher und gefährlicher.

Schon der Einbruch in den Tunnel von den beiderseitigen Einschnitten bot große Schwierigkeiten. Da die Einschnitte an den beiden

Eingängen eine Tiefe von 10 und 11 Klaftern hatten, und man dieſelben auf ihre ganze Breite aushob, um ſogleich bei den Mundlöchern mit den Tunnelarbeiten beginnen zu können, entſtanden beſonders an der Südſeite ſehr große Rutſchungen, welche zu wiederholten Malen die Eingänge verſchütteten, äußerſt koſtſpielige Abbölzungen der Wände nöthig machten und den Beginn der Tunnelarbeiten verzögerten.

Um endlich den Einbruch zu ermöglichen, und die Arbeiter vor den Abrutſchungen zu ſichern, war man gezwungen, den Tunnel an beiden Seiten um 5 Klafter gegen das urſprüngliche Project zu verlängern. Der Aushub der Einſchnitte war bloß bis auf eine Tiefe von 2 Klaftern über der Schienenhöhe bewerkſtelliget, auf dieſem Raume wurde nun das obere Polygon der Tunnel-Zimmerung (Fig. 2) unter Tag in einer Länge von 5 Klaftern aufgeſtellt, dieſelbe verſchalt, ſodann mittelſt des Abraumes der Rutſchungen ſchichtenweiſe überdeckt und auf dieſe Weiſe künſtlich der Anfang und Einbruch des Tunnels hergeſtellt, welche Arbeit von dem beſten Erfolge gekrönt war, indem die fernere Tunnelangriffsnahme ohne Anſtand vor ſich ging.

Der Waſſerzufluß während der Tunnelarbeiten war ein bedeutender; doch hinderte er an der Südſeite weniger, da er in dem Bahngefäll einen natürlichen Abfluß fand, an der Nordſeite jedoch, welche gegen Außen in der Steigung gelegen, waren ununterbrochen Tag und Nacht 3 Pumpen zum Schöpfen in Thätigkeit.

Anfangs war beſtimmt, da die Nothwendigkeit einer Ausmauerung nicht mehr zweifelhaft war, dieſe mit Bruchſteinen aus den gewonnenen Sandſteinen in einer Stärke von 3′ und 2½ Fuß und der letzte Schluß des Gewölbes mit Quadern in einer Stärke von 2 Fuß herzuſtellen. Da man jedoch theils an dem Tunnel ſelbſt, theils an andern Objecten die Erfahrung machte, daß der genannte Bruchſtein durchaus ein ſchlechter Mauerſtein iſt, welcher erſtens der Witterung nicht Trotz bieten kann, zweitens bei dem geringſten Druck ſpringt und blättert, wurde das zu beiden Seiten in den Widerlagern des Tunnels begonnene Bruchſteinmauerwerk eingeſtellt und die Arbeit mittelſt guter, geſunder Kalkſteinquadern in einer Stärke von 2½ Fuß und 2 Fuß im ganzen Tunnelumfang fortgeſetzt und blos die Nachmauerung hinter den Quadern und dem Gebirge mit Bruchſteinen hergeſtellt. Der Druck und die Bewegung des Gebirges auf die Widerlager war ſo bedeutend, daß ſtellenweiſe ſchon während des Baues dieſelben gegen einander gedrückt wurden, und die Einſpannung eines Sohlengewölbes als unabweislich ſich erwies. Dasſelbe wurde ſogleich nach dem jedesmaligen Schluß des obern

Gewölb-Mauerwerkes begonnen, dabei jedoch die Vorsicht gebraucht, daß während der ganzen Arbeit die beiden Widerlagsmauern provisorisch mit Anleghölzern und Spreizen gegen einander gebolzt wurden. Um jedoch an Mauerwerk zu ersparen, wurde das Sohlengewölbe nicht continuirlich fortgesetzt, sondern in Gurten von 4 Klaftern Länge, zwischen welchen ein Zwischenraum von 3 Klaftern frei blieb.

Das Sohlengewölbe ist gleichfalls von Quadern mit 2 Schuh Stärke hergestellt.

Die Art des Baubetriebes für den Tunnel selbst, sowie die der Zimmerung war zweifach; Anfangs hatte man eine Methode gewählt, wie Figur 2 zeigt, mit Anwendung des Mittelkörpers, bei welcher die Verpfählung der Länge des Tunnels nach getrieben wurde und die einzelnen Gespärre in Entfernungen von 3 zu 3 Fuß aufgestellt waren. Mit dieser Zimmerungs-Art wurden vom südlichen Mundloch 16, vom nördlichen 11 Klafter hergestellt; da jedoch die Nachtheile der Bauart mittelst des Mittelkörpers in dessen ganz geringer Consistenz und Beweglichkeit, ferner in dem beschränkten Raum für die Förderung klar zu Tage traten, wurde dieselbe aufgegeben und der Bau mit einer Methode im ganzen vollen Profil fortgesetzt.

Die Art der Zimmerung ist in Figur 3 ersichtlich und besteht aus einer Verpfählung mit Langpfählen, einem Sparrengestell aus 5 Polygonhölzern und dem innern Bölzungsgestell. Die Sparrengestelle waren in Entfernungen von 3 Schuh aufgestellt, deßgleichen die innern Bolzungsgestelle, so daß daher genau jedes Sparrengestell von einem innern Bölzungsgestell getragen wurde.

Die Sparrengestelle waren aus $^{12}/_{12}$ zölligem Holze construirt, zu den Unterzügen und Mittelschwellen wurde zweiseitig beschlagenes $^{12}/_{14}$-zölliges, zu den obern Bocksäulen 14zölliges Rundholz, zu den untern Bocksäulen 16zölliges Rundholz zu den übrigen Spreizen und Streben 10 und 12zölliges Rundholz verwendet. Die einzelnen Theile eines Gestelles waren durch eiserne Klammern die ganzen Gespärre durch 10zöllige Bolzen mit einander verbunden.

Der Druck und die Bewegung des Gebirges war stellenweise so groß, daß trotz dieser Anordnung ganze Sparrengestelle brachen, die Unterzüge auf 2 bis 3 Zoll zusammengequetscht wurden und das innere Bölzungsgestell theils gänzlich verschoben und verdreht wurde, theils einzelne Säulen sich spalteten. In diesem Fall, welcher besonders sich zwischen der 50sten und 70sten Klafter vom südlichen Mundloch ereignete, mußte das Bölzungs-Gestell theilweise ausgewechselt, theils Zwischengestelle, wie Figur 6 zeigt, eingebaut werden.

Dieſe Zwiſchengeſtelle unterſchieden ſich von den Hauptgeſtellen dadurch, daß die Hilfsſäulen der Sparrenſtreben, welche früher ebenfalls wie die obere Bockſäule auf der Mittelſchwelle aufruhten, nun bis hinab auf die Grundſohlen reichten, und ſich an die obern und untern Bockſäulen, ſowie an das Hirnholz der Mittelſchwellen anlehnten, welche Anordnung ſich als ſehr zweckmäßig erwies, indem dadurch das ganze Bolzungsgeſtell eine größere Steifheit erhielt.

Da man genöthigt war, in Folge des erwähnten Druckes den größten Theil der Sparrengeſtelle einzumauern, ſo wurden dieſelben ſo eingebaut, daß die ganze Holzſtärke außerhalb der normalen Mauerſtärke fiel. Außerdem erhielt dasſelbe eine Ueberhöhung bis zu 24 Zoll über dem normalen Gewölbs-Profil, welche ſelbſt in einzelnen Fällen noch unzureichend ſich erweiſt, indem trotz dieſer Ueberhöhung das Sparrengeſtell oft ſo herabgedrückt wurde, daß der Raum für die normale Gewölbſtärke erſt ausgehackt werden mußte.

Die Art und Weiſe, nach welcher der Bau fortſchritt, iſt in den beiden Figuren 2 und 3 durch die Schattirung der Straffirung erkenntlich gemacht. Der Kopfſtollen a wurde ungehindert von den übrigen Arbeiten fortgetrieben, um in möglichſt kurzer Zeit zur Controlle der richtigen Einhaltung der Tunnelrichtung und zur Erhaltung einer durchlaufenden Communication für die bequemere Förderung der Materialien denſelben benützen zu können. Der Fortgang der ferneren Arbeiten wurde nach der Möglichkeit des Fortſchrittes der Mauerung regulirt, und zwar der Art, daß gleichzeitig mit dem Gewölbsſchluſſe einer Mauerlänge von 4 Klaftern die nächſte Mauergurte auf die Höhe der Widerlager hergeſtellt und eine dritte gleiche Länge für den Beginn der Mauerung vorbereitet war. In Strecken, wo das Gebirge weniger Druck und Bewegung äußerte, war der Aushub mehr forcirt worden, um einen bequemeren und größern Manipulationsraum zu erhalten, ſo daß oft 8 bis 12 Klafter zur Mauerung vorbereitet waren.

Die Lehrgerüſtbögen, wie ſie die Figuren 4 und 5 zeigen, waren in Entfernungen von 3 Schuh ſo aufgeſtellt, daß ſie jedesmal zwiſchen den Bölzungsgeſtellen ihre Plätze fanden. Sie hatten ihr eigenes Untergeſtell und waren daher ganz iſolirt von der übrigen Tunnelzimmerung. Sie wurden aus vierſeitig beſchlagenen weichen $^9/_{10}$- und $^9/_{12}$ zölligem Holze conſtruirt, die einzelnen Theile mittelſt eiſerner Klammern zuſammengehalten, und die einzelnen Gerüſte durch Bolzen mit einander verbunden. Die Verſchalung beſtand aus 2zölligen Pfoſten.

Mit dem Vorwärtsſchreiten der Mauerung wurden die einzelnen

Theile der innern Bölzungsgeſtelle und wo möglich auch die Polygonhölzer des Sparrengeſtelles entfernt, ſo daß mit dem Schluß des Gewölbes die Zimmerung entbehrlich und vollends entfernt werden konnte. Während der Mauerung und der erwähnten Entfernung der einzelnen Theile des Bölzungsgeſtelles wurde proviſoriſch das Sparrengeſtell von den Lehrgerüſten durch kurze Stempel getragen.

Nach dieſer gegebenen Beſchreibung ſchritten die Arbeiten während des erſten Baujahres ungeſtört fort, bis in der erſten Hälfte des zweiten Baujahres an einer Stelle, welche den geringſten Druck und beinahe gar keine vorhergegangene Bewegung in der Tunnelzimmerung zeigte, ein bedeutender Einſturz erfolgte.

Der Stand der Arbeiten am Tage vor dem erwähnten Einſturze war folgender: Das Mauerwerk war vom nördlichen Mundloch auf eine Länge von 38 Klaftern vollſtändig geſchloſſen. Anſtoßend befanden ſich 4 Klafter in der Mauerung der Widerlager; außerdem waren noch 9 Klafter im ganzen Profil ausgehoben und ſtanden in ihrer vollſtändigen Zimmerung; darauf folgten 4 Klafter, in denen die obere Hälfte des Tunnelprofiles bis auf die Mittelſchwellen-Tiefe und endlich 8 Klafter, in denen der Kopfſtollen ausgearbeitet war.

Der Druck und die Bewegung auf die Zimmerung war in dieſem Theile unmittelbar vor dem Einſturz ſo gering, daß die ſämmtliche Zimmerung vollkommen normalmäßig ſtand, ein Verbeißen der einzelnen Hölzer in einander kaum zu erkennen war und der ganze Stand nicht den geringſten Anlaß zu einer Beunruhigung und Zweifel in die Feſtigkeit des Materiales gab.

Der Einſturz erfolgte Morgens gerade in dem Augenblick, als der Wechſel der Arbeitsleute ſtattfand, ſo daß glücklicher Weiſe kein weiteres Unglück zu beklagen war, mit einer ſolchen Heftigkeit und Schnelligkeit, daß binnen einigen Minuten der ganze Tunnelraum ganz voll verſchüttet war. Nach beiläufig einer Stunde hörte man ein abermaliges ſehr heftiges Getöſe und nach 2 Stunden ein drittes, jedoch dumpferes Getöſe von herabſtürzenden Maſſen.

Nach dem Ausſpruche der naheſtehenden Arbeiter brachen die erſten Zimmer am Ende des Theiles, welcher im ganzen Profil ausgearbeitet war (in Fig. 7 bei A) und da das herabgeſtürzte Materiale im Firſt ſich an das geſchloſſene Tunnelgewölbe feſt anlehnte und ſich an der Tunnelſohle bis C, 4 Klftr. unter dem Gewölbe gelagert hatte, ſo konnte aus dieſer Maſſe die Ausdehnung, welche mindeſtens eine Länge von 13 Klaf-

tern haben mußte, geſchloſſen werden, und man mußte einen ſehr bedeutenden hohlen Raum vermuthen.

Sobald die Bewegung zur Ruhe gekommen ſchien, und man durch 2 Tage kein ferneres Herabſtürzen mehr vernahm, wurden unmittelbar am Ende der Mauerung im Firſt nach aufwärts Unterſuchungen über die Höhe des Einſturzes gemacht, welche ergaben, daß von der Mauerung aufwärts das Materiale beinahe ſenkrecht abgetrennt war, und daß in dem ſchmalen Zwiſchenraum zwiſchen der Trennungsfläche und dem Schuttmateriale mit einer 5 Klafter hohen Stange das Ende der Schuttmaſſe nicht erreicht werden konnte.

Da man durch dieſe Unterſuchung die Ueberzeugung erlangte, daß die ganze Verſchüttung hoch über den äußern Gewölbsſchluß des Tunnelprofiles reiche, und eine genügende Menge Material vorhanden war, welche als Decke für die künftige Tunnelzimmerung dienen könne, wurde beſchloſſen, ſogleich die Tunnelirung durch das Verſchüttungs-Materiale nach derſelben Methode wie die frühern Arbeiten zu beginnen.

Jedoch wurde in Berückſichtigung des zu erwartenden übermäßigen Druckes und der großen Bewegung beſtimmt, das Sparrengeſtell Mann an Mann zu bauen und das innere Bölzungs-Geſtell verſtärkt, wie Fig. 11 zeigt, in Entfernungen von 3 Fuß zu ſtellen, außerdem dem Sparrengeſtell eine Ueberhöhung über die für die Mauerung nöthige Gewölbsſtärke von 3 Fuß zu geben, und das Mauerwerk im ganzen Umfang mit einer Stärke von 3′6″ aufzuführen.

Das Einſturz-Materiale beſtand aus Erde, gelben Letten, Thonſchiefer und Blöcken von dem harten Sandſtein, zwiſchen denen ſich bedeutende hohle Räume gebildet hatten und aus dem zertrümmerten Holzmateriale der beſtandenen Zimmerung. Die Blöcke erreichten eine Größe bis zu 4 Cubik-Klaftern, ſo daß dieſelben häufig mit Pulver geſprengt werden mußten, welcher Umſtand die Arbeit äußerſt gefährlich machte.

Der Baubetrieb für die Tunnelirung durch dieſes Einſturz-Material war der bekannte, wie er bei der normalen Arbeit eingeleitet war. Es wurde der Kopfſtollen vorgetrieben, derſelbe erweitert und ſodann nach und nach der untere Theil des Tunnelprofiles ausgehoben, bloß mit dem Unterſchied, daß jedesmal die Stirnwände ebenfalls ſorgfältig verpfählt werden mußten.

Vor Beginn der Arbeiten wurde am Anfang des Einſturzes unter dem geſchloſſenen Gewölbe eine ſolide hölzerne Wand (Figur 13 und 14) aufgeſtellt, gegen welche ſich das Materiale anlehnen konnte, um bei der ferneren Bölzung die Mittelſchwelle ſammt dem obern Bölzungsgeſtell

auf das lose Material stellen zu können und ein Nachgeben und Abrutschen unter der Last zu verhüten.

Der Kopfstollen war binnen $3\frac{1}{2}$ Monaten durchgetrieben und er zeigte, daß der Einsturz genau die Länge des früher ausgehobenen Theiles im ganzen Profil (bei A in Figur 7) hatte. Daselbst ging die Absturzwand von der stehengebliebenen Kappe a wieder beinahe senkrecht aufwärts. Die anstoßende Zimmerung, von A weiter, war unversehrt stehen geblieben und ließ nur sehr geringen Druck und Bewegung erkennen. Demungeachtet wurde dieselbe der Vorsicht halber durch Einziehung von Mittelgespärren verstärkt.

Die vor dem Einsturz begonnene Mauerung in den Widerlagern von A 4 Klafter weiter hatte nur in den obern 3 bis 4 Quaderſparren Schaden genommen, welche abgetragen und durch das neue verstärkte Mauerwerk ersetzt wurden. Die Fundamente waren unversehrt und standen im festen ungeänderten Felsen. Sobald der Kopfstollen durchgetrieben war, wurde aus gleichen Gründen, wie bei B eine ähnliche Holzwand (Fig. 15) hergestellt.

Zu gleicher Zeit mit dem Beginn der durch den Einsturz veranlaßten Arbeiten wurde vom Tag aus ein Stollen gegen den Bruch getrieben, welcher den Zweck hatte, durch denselben in den vermutheten bedeutenden hohlen Raum zu gelangen und diesen verschütten zu können und den Tunnel vor heftigen Erschütterungen durch abermals eintretende Abstürze zu sichern. Die Richtung des Stollens war so angeordnet worden, daß derselbe genau in die Mitte der Bruchlänge fiel und die Tunnelare in einer Höhe von 9 Klaftern über der Nivelette traf. Die Vermuthungen, daß der Bruch eine solche Höhe erreicht haben müsse, haben nicht getäuscht, indem der Stollen 9 bis 12 Fuß unter dem First des Bruches in denselben mündete. Abgesehen von der Erkenntniß über die Lage des Bruches und dessen Einfluß, welchen er auf den Tunnel ferner nehmen könnte, war der Zweck des Stollens, den hohlen Raum zu verschütten, überflüssig geworden, da das Einsturzmateriale eine Höhe von 5 bis 6 Klaftern über den Gewölbsschluß des Tunnelprofiles hatte und die Höhe des entstandenen hohlen Raumes im höchsten Punkte blos 10 Fuß betrug, daher für das Gewölbe keine weitere Gefahr zu besorgen war und die Ausfüllung unterblieb. Figur 8 zeigt das Profil des Einsturzes sammt dem Stollen.

Der Stollen (Fig. 9 und 10) hatte im Lichten der Zimmerung 6 Fuß Höhe, $4\frac{1}{2}$ Fuß Breite, eine Länge von $17\frac{1}{2}$ Klaftern und ein Gefäll von 1:4. Die Zimmerung bestand aus Kappe, Säulen und

Grundschwelle, und war im First und den Seitenwänden verpfählt. Die Gespärre standen lothrecht in Entfernungen von 3 zu 3 Fuß.

Wie früher erwähnt, erhielt das Mauerwerk eine Stärke von 3' 6", in den Widerlagern wurde dasselbe auf seine Stärke aus durchlaufenden Quaderstücken hergestellt, im obern Gewölbe jedoch, wo das Versetzen dieser großen Quaderstücke in dem beengten Raum theils zu viele Schwierigkeiten, theils oft ganz unmöglich gewesen wäre, wurde das Gewölbe aus zwei Ringen, einem 18" und einem 2 Fuß starken, hergestellt.

Die Lehrgerüste (Fig. 12) hatten die gleiche Construction wie jene im normalen Bauvorgang, blos waren dieselben durch Ausfütterungen mit $^8/_9$ zölligem Holze verstärkt worden. Sie wurden in Entfernungen von 3 Fuß zwischen je 2 Bölzungsgestellen aufgestellt, durch Bolzen mit einander verbunden und mit 3zölligen Pfosten verschalt.

Die ganze Arbeit durch den Einsturz bis zum Schluß des Gewölbes bei A (Fig. 7) dauerte 8 Monate und die Mehrkosten des ganzen Baues betrugen 55750 fl. 39 kr. Oest. Währ.

Die Gesammt-Kosten für den ganzen Bau des Tunnels betrugen mit Einschluß des Einsturzes ohne die beiden Facaden und die nachträgliche Einwölbung des südlichen Einschnittes von $3^1/_2$ Klafter Länge 550951 fl. 6 kr., so daß die Current-Klafter Tunnellänge auf 3336 fl. 47 kr. zu stehen kam.

Die Detail-Kosten der einzelnen Arbeiten sind in der Tabelle 2 des Abschnittes über Tunnelkosten ersichtlich.

Tunnel Nr. VI am Karst

der Wien-Triester Staats-Eisenbahn.

Tafel XI, XII.

Genannter Tunnel ist oberhalb der kleinen Ortschaft Koschana am Karste zwischen den Stationen St. Peter und Oberlesetsche gelegen, und bildet gleichsam das Eingangsthor von der kahlen, wasserarmen Karstgegend in das anmuthigere, bewaldete Rekkathal, in welchem der Rekka-Fluß zwischen den hohen, steil ansteigenden Bergen sich durchwindet, bis er in verhältnißmäßig kurzer Entfernung von seinem Ursprung den Karstboden erreicht und daselbst in der St. Kanzian-Grotte verschwindet.

Der Tunnel, welcher in einer Tiefe von 16 Klaftern unter dem höchsten Punkt des Bergrückens liegt, hat eine Länge von 280 Klaftern, sammt den beiderseitigen Facaden. Die Richtung der Bahn in demselben ist eine gerade, das Niveau in der Richtung gegen Triest ein fallendes im Verhältniß 1 : 150. Im Querschnitt hat der Tunnel in der Nivelet-ten-Höhe eine lichte Breite von 24 Fuß, in der Widerlager-Höhe von 27½ Fuß und eine lichte Höhe der Nivelette bis zum Gewölbsschluß von 24 Fuß; in Tafel II. findet sich die Bauconstruction der Gewölbslinie dargestellt.

Die Terrainbeschaffenheit des Bergrückens gehört der Kreideformation an, und besteht an der Nordseite bis in die Hälfte des Tunnels aus sehr harten Kalkfelsen, in der südlichen Hälfte jedoch finden sich zwischen diesen harten Kalkfelsen oft sehr mächtige Nester von Stein-Gerölle, gemengt mit rother Erde und gelbem Letten eingelagert. In Folge dieser Terrainbeschaffenheit war der Bau großentheils ein günstiger und nicht schwieriger, da von einer Bewegung oder Druck des Materiales keine Rede war; mit Ausnahme jener Stellen, wo die oben beschriebenen Nester angefahren und dadurch die Arbeiten des Baues etwas beschwerlicher und complicirter wurden.

Obgleich von einem Drucke oder einer Bewegung keine Rede war, mußte dessenungeachtet der ganze Tunnel verpfählt, verzimmert und ausgemauert

werden, da das Gestein keine solche massive Struktur hatte, daß nicht selbst kleinere Ablösungen von einzelnen Steinblöcken oder ganzen Schichten zu besorgen gewesen wären.

Die Ausmauerung, welche mehr eine Verkleidung genannt werden kann, besteht aus rauh gearbeiteten Kalksteinquadern und hat in den Widerlagern und am Gewölbsanlaufe eine Stärke von 2′ 6″, am Schluß von 2′. Das Bölzungsgehölz wurde fast durchgehends vor oder mit dem Fortschreiten der Mauerung entfernt, die hohlen Räume hinter dem Quader-Ringe, welche theils durch die Entfernung der Bölzungshölzer, theils durch unvermeidliches Uebersprengen der Profilslinie während der Aushubsarbeiten entstanden waren, wurden mit Bruchsteinen in Mörtel ausgemauert.

Zur Beschleunigung der Arbeiten wurden zwei Schächte in einer Entfernung von 80 Klaftern abgeteuft. Der Querschnitt derselben war quadratisch und hatte im Lichten der Bölzung 2 Klafter Länge und Breite, die Tiefe derselben betrug bis auf den inneren Tunnelgewölbsschluß 12 Klafter.

Nach Beendigung der Tunnelarbeiten wurden die beiden Schächte, nachdem das Bölzungsgehölze entfernt war, sorgfältig verschüttet. Das Tunnelmauerwerk unter den Schächten erhielt auf eine Länge von 4 Klaftern in seinem ganzen Umfang eine Stärke von 4 Fuß und ist gleichfalls aus rauh gearbeiteten Quadern hergestellt.

Bei dem Umstande, daß der Bergrücken, welcher mittelst des Tunnels durchbrochen wird, zu beiden Seiten sehr flache Abdachungen hat, erhielten die beiden Tunnel-Einschnitte sehr bedeutende Längen, welche den Einbruch in den Tunnel von den Mundlöchern sehr verzögert hätten, und man sah sich genöthigt, diese auf andere Weise zu ermöglichen.

Zu diesem Zwecke wurden die beiden Einschnitte an den Tunneleingängen Fig. 1, Tafel XI., A und B, auf ihre ganze Breite schachtartig abgeteuft, jedoch so, daß die den Tunnelmündungen gegenüber liegenden Wände C und D schräg gegen dieselben mit einem Gefäll von 1 : 3 hinliefen und auf diese Art Rampen für die Förderung der folgenden Tunnelarbeiten bildeten. Diese Rampen waren so angelegt, daß sie die Tunnelmündungen 2 Klafter unter dem First des Tunnelprofiles trafen und in den Tunnel hinein bis zur Niveletten-Tiefe verliefen.

An der Nordseite des Tunnels gingen die Arbeiten anstandslos vor sich und es konnte sowohl vom Mundloch als auch vom Schacht 1, sobald derselbe bis auf die Nivelette abgeteuft war, nach beiden Richtungen hin ungehindert mit dem ganzen Profil eingebrochen werden. An

der Südſeite jedoch, ſowohl vom Mundloch als auch vom Schacht 2, hatte man gerade an dieſen Stellen Neſter von der oben beſchriebenen Art angefahren, welche, wegen der ganz loſen Conſiſtenz, einen Einbruch mit ganzem Profil, ohne bedeutende Rutſchungen zu veranlaſſen, nicht geſtatteten, und es wurde eine Methode angewendet, welche nicht die geringſten Rutſchungen der Einſchnitts-Wände oder andere Störungen, wie dieſelben gewöhnlich bei den Einbruchs-Arbeiten von Tunnels in ſchlechterem Materiale vorkommen, nach ſich zog, und allenthalben anzuempfehlen iſt.

Es wurde nämlich vom ſüdlichen Eingang bloß mit einem Stollen, welcher im Firſt des Tunnelprofiles lag, eingebrochen, mit dieſem Stollen ſo lange fortgefahren, bis man in feſtes, compacteres Materiale kam, und dann erſt die Tunnelarbeiten: die Erweiterung im oberen Polygon, der ganze Aushub und die Mauerung, ohne Beſorgniſſe begonnen werden konnten. Dieſer proviſoriſche Stollen, wie Zeichnung 13 zeigt, hatte eine lichte Breite von 7 Fuß und beim Einbruch eine lichte Höhe von 10 Fuß und wurde, da dieſer im Firſt des Stollens horizontal lief, die Sohle aber die früher beſprochene Verlängerung der Rampe bildete, immer höher, bis er die Nivelette und ſomit die ganze Tunnelhöhe von 26 Fuß erreichte.

Der Einbruch in den Tunnel von dem Schacht Nr. 2 geſchah gleichfalls mittelſt zweier proviſoriſcher Stollen, welche von der Schachtaxe ſüdlich $5\frac{1}{2}$ Klafter, nördlich 4 Klafter lang waren. Die Figuren 1, 2, 3, 4, Tafel XII., zeigen die beiden Stollen. Dieſe Stollen hatten eine lichte Breite von 6 Fuß und eine lichte Höhe gleich der des ganzen Tunnelprofiles von 26 Fuß.

Die Beſeitigung dieſer proviſoriſchen Stollen ſowohl unter dem Schachte als auch bei dem ſüdlichen Mundloch war die letzte der Tunnelarbeiten, indem die Erweiterung dieſer Stollen auf das Tunnelprofil erſt vorgenommen wurde, nachdem die zwiſchenliegenden Tunnellängen vollſtändig ausgewölbt waren.

Der Bauvorgang ſowie die angewandte Tunnelzimmerung war verſchieden, welcher ſpecielle Fall vorzüglich in der Abwechslung des Aushubsmaterials ſeinen Grund hat.

Bei den Einbrüchen vom nördlichen Mundloch und vom Schacht Nr. 1 wurde eine Bölzungsart gewählt, wie Figur 2, 3, Tafel XI. darſtellt; dieſe beſtand aus 4 Kronenbalken und ſtatt der Pfoſtenverpfählung aus darüber geſchobenen ſchwachen $\frac{3}{4}$ zölligen Hölzern. Die 4 Kronenbalken waren von zwei ſenkrechten Säulen und zwei radicalen Streben,

welche auf einer gemeinschaftlichen Mittelschwelle aufruhten, unterstützt. Die Fußverpfählung a, Figur 2, ruhte auf Wandruthen b und diese auf eigenen Schwellen c, welche auf der einen Seite auf den Köpfen der Mittelschwellen, auf der andern Seite in Bühnenlöchern auflagen. Die untere Unterstützung bestand aus 2 Paar Bocksäulen, welche auf einer Grundschwelle standen und die Mittelschwelle trugen. Der Baufortschritt folgte der Reihe nach, wie durch die Schattirung der Straffirung ersichtlich gemacht ist. Der Kopfstollen wurde ohne Rücktritt der übrigen Arbeiten fortgetrieben, während die Erweiterung im Verhältniß zur Mauerung fortschritt.

Die Kronenbalken hatten alle die gleiche Länge von 12 Fuß, und wurden außer den Hauptgespärren an ihren Zusammenstößen noch von Mittelgespärren getragen, so daß die Entfernung der Gespärre 6 Fuß betrug. Da das Gestein sich durch längere Zeit von selbst erhielt, war der Aushub immer um 3 bis 4 Klafter der Zimmerung voraus, so daß gewöhnlich diese für das obere Gewölbe auf einmal eingebaut werden konnte. Die ganze Zimmerung bestand aus schwachem Holz, und wurde vor der Mauerung sämmtlich entfernt und für die folgende Zimmerung wieder verwendet.

Die Figuren 5 und 6, Tafel XI., zeigen die Bölzungsart, welche bei den Einbrüchen vom südlichen Mundloch und vom Schacht 2 gebraucht wurde. Sie besteht aus einer doppelten Verpfählung mit Langpfählen, aus einem Sparrengestell mit sieben Polygonhölzern und aus dem innerem Bölzungsgestelle. Die Schattirung der Straffirung zeigt wieder den Fortgang der Aushubsarbeiten. Die einzelnen Gestelle standen in Entfernungen von 3 Fuß von einander, und zwar mußte, da zwischen den Sparrengestellen und Bölzungsgestellen keine Unterzüge verwendet wurden, jedes Sparrengestell sein eigenes Bölzungsgestell erhalten. An Stellen wo das Materiale fest und compacter war, wurde das innere Bölzungsgestell dadurch vereinfacht: daß die Hilfssäulen der Sparrenspreizen, oft selbst die Fußspreizen, hinweggelassen wurden.

Eine dritte Bölzungsart, Figur 9 und 10, welche sich von der früheren blos darin unterscheidet, daß das Sparrengestell aus 5 Polygonhölzern besteht, das innere Bölzungs-Gestelle eine verstärkte Construction besitzt, und zwischen beiden Gestellen Unterzüge angewendet sind, wurde bei dem Aushub der Theile unter den beiden Schächten, ferner bei der Erweiterung des provisorischen Stollens des südlichen Mundloches angewendet. Die einzelnen Gespärre standen in Entfernungen von $2\frac{1}{2}$ Fuß und wurden wie bei der übrigen Bölzungsart durch Bolzen miteinander verbunden.

Die Zimmerung der proviſoriſchen Stollen am ſüdlichen Mundloch und vom Schachte 2, Figur 13, Tafel XI., und Figur 1, 2, 3, 4, Tafel XII, beſtand aus einer doppelten Thürſtockzimmerung mit Kappen, Säulen und Schwellen, wobei die Kappen eine ſolche Länge erhielten und in einer ſolchen Höhe eingebaut wurden, daß ſie zugleich als ſolche für die Tunnelzimmerung verwendet werden konnten. Die Entfernung der einzelnen Zimmer betrug 3 Fuß von Mitte zu Mitte. Die Stirnwände A Fig 13 Tafel XI, A B und E F Fig. 1 und 3 Tafel XII, an den Stellen, wo von den proviſoriſchen Stollen die Tunnelerweiterung begann, wurden, um ein Abrutſchen zu verhüten und den Beſtand der Stollen zu ſichern, verſchalt und verbolzt, wie die Zeichnungen zeigen.

Die Schachtzimmerung war einfach und beſtand aus Schachtkränzen, deren einzelne Theile in den Iren überplattet waren, hinter denen eine bloße Bretterverſchalung Anwendung fand. Die Entfernung der Schachtkränze betrug im Schacht 1·6 Fuß, im Schacht 2·3 Fuß. So lange die Schachtzimmerung bis auf die Tunnelſohle reichte und von dieſer aus in dem Tunnel die proviſoriſchen Stollen beſtanden, hatte dieſelbe ihre Unterſtützung daſelbſt; ſobald aber die Erweiterung der Stollen und des Theiles unmittelbar unter dem Schachte in Angriff genommen werden mußte, verlor die Schachtzimmerung ihr bisheriges Auflager und es mußte dieſelbe künſtlicher unterfangen werden. Dieſe Schachtunterfangungen, wie ſie die Figuren 5 und 6, Tafel XII, zeigen, wurden in unmittelbare Verbindung mit der Tunnelbölzung gebracht.

Sobald der Aushub auf eine Länge von 4 bis 6 Klaftern beendet war, wurde mit der Mauerung begonnen, und zugleich der Aushub in der anſtoßenden Strecke wieder für die Mauerung vorbereitet. Die Mauerung begann bei den Fundamenten der Widerlager mit einer Schaar Fußſteine, welche zu beiden Seiten der Mauer einen Abſatz von 6 Zoll bildeten. Die Fundamente ſind ſo tief ausgeſprengt, daß der ganze 2 Fuß hohe Fußſtein noch unter dem Planum der Unterbauhöhe (2 Fuß unter der Nivelette) liegt.

Die Aufmauerung der Widerlager bis zum Anlauf des oberen Gewölbes bewerkſtelligte der Arbeiter nach zwei Chablonen, welche zu Anfang und zu Ende der Mauergurte aufgeſtellt wurden, und die krumme Profilslinie ſowie die Höhe der Quaderſchaaren anzeigten. Die Weitermauerung des oberen Gewölbes erfolgte dann, ſobald die Lehrgerüſtbögen aufgeſtellt waren.

So wie drei verſchiedene Bölzungsarten gebraucht wurden, ebenſo waren auch drei verſchiedene Lehrgerüſtbögen angewendet worden, welche in den Figuren 4, 7, 8, 11, 12, Tafel XI, erſichtlich gemacht ſind.

Alle 3 Arten der Gewölbseinrüſtung ſtanden ganz unabhängig von dem inneren Bölzungsgeſtell, hatten ihre eigenen Untergeſtelle, und die einzelnen Lehrbögen, welche in Entfernungen von 3 Fuß eingebaut wurden, waren durch Bolzen mit einander in Verbindung geſetzt. Die Verſchalung beſtand aus 2zölligen Pfoſten.

Die Einrüſtung einer Mauergurte blieb nach dem Schluß des Gewölbes noch ſo lange ſtehen, bis die anſtoßende nächſte Mauergurte geſchloſſen war, wodurch eine gleichmäßigere Setzung erzielt und eine Trennung zwiſchen den einzelnen Gurten verhütet wurde.

Auf dieſe Weiſe ſchritten die ſämmtlichen Arbeiten im Tunnel anſtandsloſe vorwärts, bis in der zweiten Hälfte des zweiten Baujahres unmittelbar anſtoßend an den nördlichen proviſoriſchen Stollen vom Schacht Nr. 2 eine Materialablöſung erfolgte und das Tunnelprofil auf eine Länge von 7¼ Klaftern verſchüttete, Figur 7, Tafel XII.

Der Stand der Arbeiten vor der Verſchüttung in dieſem Theile war folgender: Das Mauerwerk der Widerlager war beendet und die Arbeiter waren mit der Aufſtellung der Lehrbögen beſchäftigt. Die Tunnelbölzung im oberen Profil ſtand noch vollkommen, ohne daß bereits einzelne Theile entfernt geweſen wären, auch zeigt ſich in derſelben gar kein Druck noch Bewegung, ſo wie ſich auch während der Aushubsarbeiten an dieſer Stelle keine Gefahr erkennen ließ, da dieſelben in ſehr hartem Felſen bewerkſtelligt wurden. Das herabgeſtürzte Schuttmateriale hatte das untere Tunnelprofil gänzlich ausgefüllt und reichte bis auf die Höhe des Gewölbanlaufes, wie die Querprofile AB und CD, Fig. 8 und 9, zeigen, und beſtand ausſchließlich aus Steingerölle, rother Erde, Sand, Lehm, ganz ähnlich jenem, welches bereits früher in den beſchriebenen Neſtern angetroffen wurde. Bei näherer Unterſuchung der entſtandenen Höhlung fand man, daß ſich wirklich ein derartiges Neſt oberhalb des Tunnelprofils befand und von der Profilslinie blos durch eine dünne 18″ bis 2 Fuß ſtarke Kalkfelſenſchichte getrennt war. Dieſe ſchwache Schichte konnte mit der Länge der Zeit das loſe Gerölle nicht mehr ertragen, gab nach, und war durch ihren plötzlich eingetretenen Bruch die Urſache der Verſchüttung.

Nach einigen Tagen, da keine weiteren Ablöſungen erfolgt waren, wurden die Arbeiten mit der Widerherſtellung des Tunnelprofils begonnen. Dieſe beſtanden darin, daß, ſobald man die Ueberzeugung erlangte, daß das Mauerwerk der Widerlager gar keinen Schaden genommen hatte, das zwiſchen den Widerlagern liegende Schuttmateriale horizontal ausgeglichen, darauf eine neue Tunnelbölzung aufgeſtellt und dieſe mit 2zölli-

gen Pfosten verschalt wurde. Die Höhlung oder der Bölzung ward sodann nach und nach abgefangen, indem man die Stempel auf die Tunnelbölzung aufstellte.

Um die folgenden Arbeiten der Mauerung und Verschüttung vor etwa noch eintretenden Ablösungen zu sichern, wurde die Höhlung durch eine Pfostendecke, auf welche man eine Lage Faschinen und eine Schichte Erde legte, abgesperrt, wie Figur 18 zeigt. Mit dem Vorwärtsschreiten der Tunnelgewölbs-Mauerung wurde sodann der leere Raum dahinter mit Erde und Steinen vorsichtig und solide ausgeschichtet. Das Mauerwerk in diesem Theil ist, sowie das ganze Tunnelmauerwerk, aus Quadern hergestellt und hat in seinem ganzen Umfange eine Stärke von 3 Fuß.

Die Förderung des Materiales im Tunnel geschah auf provisorischen Eisenbahnen mittelst kleiner Materialhunde, welche 10 bis 12 Cubikfuß Material faßten und von je zwei Arbeitern bewegt wurden. Zur Herausschaffung des Materiales aus dem Tunnel über die schiefen Ebenen an den beiden Eingängen und durch die beiden Schächte waren Pferdegöpel aufgestellt, welche die geladenen Hunde an guten Ketten zu Tage förderten, wo sie dann geleert und wieder in den Tunnelraum zurückgebracht wurden. Außerdem waren an den beiden Schächten solide große Holzbremsen aufgestellt, mittelst welchen die Baumaterialien von einem Arbeiter sicher und langsam an starken Seilen in den Tunnel hinabgelassen wurden.

Tunnel durch den Wolfsberg

der Semmeringer Staatsbahn.

Tafel XIV, XV, XVI.

Genannter Tunnel, auf der Semmeringer Gebirgsbahn der südlichen Staatseisenbahn von Wien nach Triest gelegen, hat eine Länge von 234 Klafter, von welcher 2 Klafter auf die beiderseitigen Facaden und 19·25 Klaftern auf die gewölbten Einschnitte als Verlängerung des Tunnels entfallen, so daß die Länge der eigentlichen Tunnelarbeiten sich auf 212.75 Klafter beläuft.

Die Steigung der Bahn beträgt im Tunnel gegen Triest 1 : 60, die Richtung derselben ist in der Mitte des Tunnels auf eine Länge von 162.4 Klaftern eine gerade Linie, welche gegen die beiden Ausgänge in Kurven von 100 Klaftern Halbmesser ausläuft. Der Querschnitt des Tunnelprofils ist das für österreichische Staats-Eisenbahnen angenommene größere Profil Tafel II. und für eine Doppelbahn construirt.

Das Materiale des durchbrochenen Bergrückens, Wolfsberg genannt, besteht vorzüglich aus Talkschiefer und mildem Kalksandstein, zwischen welchen mächtige Schichten von hartem festen Dolomit und Quarz gelagert sind. Die Schichtung ist eine gegen das Tunnelprofil sehr sanft geneigte, und läuft mit dem Tunnel beinahe parallel fort. Die häufig geöffneten Quellen und der größere Zutritt von Seigewasser machten den Bau beschwerlich und oft gefahrvoll.

Die Tunnelarbeiten wurden von beiden Eingängen, ferner mittelst zweier von der Oberfläche des Bergrückens gegen die Tunnelare schief getriebener Schächte in Angriff genommen; außerdem war, da die Aushebung des östlichen Tunneleinschnittes wegen seiner größeren Ausdehnung und heftigeren Auftretens des Wassers, hier in der Verlängerung der geraden Linie der Tunnelaxe ein Tangentialstollen getrieben worden, welcher zugleich als Richtstollen zur Firirung der geraden Tunnellinie sowie als Förderstollen diente.

Dieser Stollen hatte eine Länge von 46·33 Klaftern im Querschnitt eine lichte Höhe von 5 Fuß, eine Breite von 3·5 Fuß. Die Zimmerung bestand in einer vollständigen Thürstockzimmerung mit Kappe, Säulen und Schwellen, wobei sowohl die beiden Seiten, als auch der First verpfählt war, und die Gespärre in Entfernungen von 4 Fuß standen.

Der Bau-Vorgang des Tunnels war der mittelst Anwendung von Langpfählen bei der Zimmerung, und der Benützung des Mittelkörpers oder Kernes. Die Ausgrabung wurde in 3 Etagen vorgenommen, nämlich die erste Etage, das obere Polygon, bis auf die Höhe des Mittelkörpers, die zweite Etage auf die halbe Höhe des Mittelkörpers, und die 3. Etage bis auf die Tunnelsohle. Der Mittelkörper hatte von der Nivelette aufwärts eine Höhe von 2.66 Klaftern, eine Breite von 1.5 Klaftern, so daß beiderseits zwischen dem Mittelkörper und dem Wiederlager-Mauerwerk Räume von 1·25 Klafter, blieben, in welche die Förderbahnen gelegt wurden.

Der Detail-Vorgang in den verschiedenen Etagen war folgender: Mit dem Kopfstollen, in der Tunnelaxe am First des Tunnelprofils gelegen, welcher eine Breite von 1·5 Klaftern und Höhe von 1·83 Klaftern hatte, wurde in den Tunnel eingebrochen und darin die Arbeiten ungehindert fortgesetzt, um so bald als möglich durchschlägig zu werden und eine Communication zu erhalten. Die Auszimmerung bestand aus einer Thürstockzimmerung, wobei die Kappen und Schwellen zugleich eine solche Länge und an den Köpfen eine derartige Verschneidung erhielten, daß dieselben zu den definitiven Kappen und Schwellen der Tunnelzimmerung verwendet werden konnten, während die Säulen vorläufig provisorisch aufgestellt waren. Ebenso war in dem Kopfstollen die Verpfählung des Firstes eine definitive, die der beiden Seiten eine provisorische. Die Entfernung der einzelnen Kappen betrug 3 Fuß, Fig. 2, Tafel XIV.

Sobald die Arbeiten in dem genannten Kopfstollen eine Strecke weit vorwärts geschritten waren, wurde mit der Erweiterung desselben an den beiden Seitenwänden begonnen, ohne jedoch die Arbeit im Kopfstollen selbst zu sistiren. Diese Erweiterung geschah zuerst auf eine solche Größe, daß die beiden Sparren zum Aufhängen Platz fanden, welche vorläufig mittelst provisorischen Stempeln gehalten wurden; darauf erfolgte die Fortsetzung der Erweiterung beiderseits bis auf die Schwellenhöhe, bei welcher wieder der First mittelst der Füße gefangen wurde, und mit dieser war die Aushebung der oberen Etage des Polygones, beendet. Die Auswechselung der provisorischen Säulen des Kopfstollens mit den definitiven Bocksäulen erfolgte, sobald die Sparren, und die der Sparrenspreizen, sobald die Füße aufgehängt waren. Vor Aufhängung der beiden Füße wurden noch die beiden Fußschwellen, welche einerseits auf der Mittelschwelle, anderseits in Bühnenlöchern lagen, eingebaut, mittelst welcher die beiden Füße und durch diese das ganze Sparrengestelle getragen ward. Fig. 3.

Nach beendigter Aushebung und Bölzung auf eine Länge von 8 bis 10 Klaftern der oberen Etage, wurde die mittlere Etage, und sobald auch diese auf eine gleiche Länge vorgeschritten war, die untere Etage beiderseits des Mittelkörpers begonnen. Die Bölzung, welche mit der Ausgrabung gleichen Schritt hielt, bestand, wie die Figuren 4 und 5 zeigen, an den Tunnelwänden sowohl, als auch am Mittelkörper, aus oberen und unteren Anlegsäulen, hinter denen die Verpfählung steckte und aus je einer Mittelschwelle, welche in Bühnenlöchern ruhten, zwischen den Anleghölzern. Diese Anleghölzer, sowie dies ganze Gestelle in den beiden unteren Etagen, standen vollkommen in senkrechten Ebenen mit den obern Sparren und Bölzungsgestelle in Entfernungen von 3 zu 3 Fuß. Die einzelnen Theile eines Gestelles waren durch eiserne Klammern, die ganzen Gestelle unter einander, um ihnen eine Stabilität zu geben, durch 6- bis 8zöllige hölzerne Bolzen verbunden. Zur Förderung waren 3 Bahnen gelegt worden, eine oben am Mittelkörper zwischen den beiden Bocksäulen für den Kopfstollen und das obere Polygon, die beiden andern unten an der Sohle neben dem Mittelkörper, welche Bahnen immer mit dem Vorwärtsschreiten der Arbeiten verlängert wurden.

Die Zimmerung der beiden Schächte, Figur 8, bestand aus einzelnen Gestellen in Entfernungen von 3 Fuß, hinter denen die Verpfählung im ganzen Umfang steckte. Der Einbruch aus den Schächten in den Tunnel geschah auf die ganz gleiche Art, wie die eben beschriebene von den beiden Mundlöchern. Sobald der ganze Tunnelraum unter den Schächten ausgehoben war, wurde die Schachtzimmerung durch einen besonderen Bau, Schachtunterfangung gestützt, wie in Figur 8 die stark gezogenen Linien zeigen. Diese Schachtunterfangung hatte nach der Tunnellänge eine Ausdehnung von 15 Fuß.

Sobald auf diese Art das ganze Tunnelprofil auf eine Länge von 8 bis 10 Klaftern an den verschiedenen Angriffspunkten ausgehoben war, wurde sogleich mit der Mauerung in Gurten von 4 Klaftern Länge in den früher ausgehobenen Fundamenten der Wiederlager begonnen. Die Fundamentausmauerung besteht aus Quadern, Fußsteine genannt, das Mauerwerk der Widerlager aus rauh gearbeiteten Bruchsteinen (Hausteine), das des oberen Gewölbes aus gut gebrannten Ziegeln vom Wienerberge nächst Wien. Die Stärke des Mauerwerkes: in den Widerlagern 0·75, in dem Gewölbe 0·66 Klafter, ist unter den Schächten auf eine Länge von 2 Klaftern verstärkt und beträgt in den Widerlagern 0·91 im Gewölbe 0·83 Klafter. Die Mauerung selbst wurde in den beiden Widerlagern aus freier Hand nach zwei am Anfang und Ende der Gurte

aufgestellten Chablonen bewerkstelligt, wobei die Fugen und einzelnen Schaaren ganz genau radial abgeglichen wurden. Für das obere Gewölbmauerwerk waren Lehrbogen aufgestellt worden. Diese Lehrbögen, Figur 7, bestanden aus einem vollkommenen Sprengwerke, welches in der Mitte ohne Unterstützung blieb und daher den Raum der Förderung so wenig als möglich beirrte.

Mit dem Vorwärtsschreiten der Mauerung entfernte man sowohl in den Widerlagern als auch im Gewölbe nach und nach das Bölzungsgehölze, so viel es das Materiale und die Umstände erlaubten, wobei immer die noch nöthigen Hölzer durch provisorische Stempel, in den Widerlagern gegen den Mittelkörper, im Gewölbe auf die Lehrbögen gestützt wurden, wie in Figur 6 ersichtlich gemacht ist.

Die Mauerung unter den Schächten war ganz die gleiche, nur daß daselbst die Auswechslung der Schachtunterfangung noch zu berücksichtigen war. Die durch schwach gezogene Linien angedeutete Zimmerung der Figuren 9a, 9b, 10a, 10b, 10c und 11 bezeichnen die nach dem jeweiligen Vorschreiten der Mauerung vorgenommene Auswechslung der Schachtunterfangung.

Die Förderung der Materialien geschah von den beiden Mundlöchern, wie früher erwähnt, auf den 3 provisorischen Eisenbahnen mittelst eigener Bahnwägen, welche theils seitwärts, theils nach rückwärts zum Umkippen eingerichtet waren, um das Materiale ausleeren zu können. Sie hatten ein Lade-Vermögen von 27 bis 30 Kub. Fuß und wurden von Pferden, auch häufig von Menschen bewegt. Die Förderung durch die beiden Schächte geschah auf kleinen Rollwägen, zu welchem Ende in den Schächten Bahnen gelegt waren, und welche durch Pferde mittelst aufgestellter Göpel in Bewegung kamen.

Zur Beseitigung des Wassers, dessen Andrang oftmals sehr bedeutend war, waren gewöhnliche Saugpumpen mit 3- bis 5zölligen Stiefeln, von je 2 Mann gezogen, angewendet worden, welche das Wasser auf die Höhe der Widerlager oder des Mittelkörpers hoben, wo es dann in hölzernen Rinnen seinen Abfluß nach Außen fand.

Nach dieser beschriebenen Art schritten die Arbeiten ungestört und regelmäßig vorwärts, bis gegen Ende des ersten Baujahres an der westlichen Seite ein so bedeutender Einbruch erfolgte, daß selbst an der 12.19 Klafter über der Schienenhöhe gelegenen Oberfläche eine runde Einsenkung des Terrains ersichtlich war.

Der Stand der Arbeiten an der westlichen Seite vor dem Einsturz war folgender: Der Kopfstollen war 46.67 Klafter weit getrieben, der

Aushub und die Zimmerung des ganzen Tunnelprofiles hatten eine Länge von 38 Klaftern, von denen 30 Klafter bereits vollständig hergestellt waren, indem das Mauerwerk geschlossen war. Am Ende des geschlossenen Gewölbes, wo die Durchgrabung in sehr lockerem, mit vielem Wasser getränkten Talkschiefer geschehen mußte, zeigte sich bereits einige Tage vor erfolgtem Einsturz eine heftige Bewegung und Zerdrückung der Tunnelzimmerung. Trotz aller angewandten Verstärkung der Zimmerung und Verbauung mit Hilfsholz konnte doch derselbe nicht verhindert werden, und es wurden die zur Mauerung vorbereiteten 8 Klafter Tunnellänge durch denselben gänzlich verschüttet.

Die Bewältigung des Einsturzes wurde von der offenen westlichen Tunnelseite in Angriff genommen. Zu dessen Ermöglichung wurde der Fuß des Einsturz-Materiales zuerst mit einer sogenannten Bockzimmerung abgefangen, indem nach und nach die Bockwand immer weiter vorgeschoben ward, bis dieselbe zur eigentlichen Bruchstelle gelangt war. Die Figuren 12, 13, 14, 15, Tafel XV, zeigen den Vorgang und die verschiedenen Stadien dieser Bockzimmerung.

Nach Aufstellung der fünften Stempelreihe derselben, welche am Ende des geschlossenen Gewölbes und am Anfang des Bruches stand, wurde an dem rechten Widerlager in der Schienenhöhe ein Stollen, Figur 15 und 16, von 4 Fuß Breite und 6 Fuß Höhe getrieben, in welchen die Gespärre der Zimmerung in Entfernungen von 2½ Fuß gestellt und sowohl der First als auch die Seitenwände verpfählt wurden. Dieser Stollen wurde sodann bis zum Kopfsegment erhöht, die Decke sowie die Seiten gegen den früheren Mittelkörper des Tunnels verpfählt, und die einzelnen Zimmer durch 6 horizontale Ruthen gegeneinander abgesteift, wie dieß durch die stark gezogenen Linien, Figur 19 a, b, c, d, Tafel XVI. angedeutet ist.

Im Verlaufe der Arbeit zeigte sich eine Verstärkung der Bockzimmerung nothwendig, welche dadurch erreicht wurde, daß auf die über der ersten Stempelreihe angebrachte Schwelle eine zweite Schwelle aufgelegt und auf diese die Schalhölzer der Einrüstung mittelst Streben unterstützt urdwen Figur, 17, Tafel XV. Die gleiche Arbeit wurde am linken Widerlager vorgenommen, und als auch diese bis auf die Höhe des Mittelkörpers beendet war, wurde die Durchgrabung des Kopfstollens ober dem Mittelkörper in Angriff genommen.

Zur Aufstellung des ersten Kopfsegmentzimmers, welches in einer Entfernung von 4 Fuß von der letzten Stempelreihe der Bockzimmerung zu stehen kam, wurde bei der Ausgrabung die in den Figuren 18 a, b,

c, d Taf. XV. durch die ſchwach gezogenen Linien angedeutete proviſoriſche Zimmerung angewendet, und nach theilweiſer Aufſtellung dieſes Proviſoriums zur Einſetzung des erſten Kopfſegment-Zimmers geſchritten. Ueber dem Mittelkörper Fig. 18, Tafel XV, kam eine aus zwei Theilen beſtehende in der Tunnelaxe überplattete Schwelle zu liegen, deren Enden auf den Schwellen der untern Etage aufruhten. Ueber dieſe Schwelle wurde eine zweite Schwelle gelegt und auf dieſe die Kappe mittelſt dreier Stempel geſtützt.

Nach beendeter beiderſeitiger Erbreiterung des Kopfſtollens wurde, Fig. 18e, Taf. XV, die mittlere Schwelle beiderſeits verlängert und die Polygonhölzer durch 4 Stempel geſtützt.

Die ganze Arbeit mußte mittelſt Triebbau bewerkſtelligt werden, d. h. die Pfähle wurden vor der weiteren Ausgrabung getrieben, um ein ferners Herabſtürzen des lockeren Materiales zu verhüten. Aus dem Grunde war auch eine Verpfählung und Verſchalung der Seitenwände und der Orte der einzelnen Stollen nöthig. Der fernere Vorgang der Ausgrabung und Zimmerung iſt in den Figuren 21 a b Tafel XVI, dargeſtellt.

Durch den Einſturz wurde die vor denſelben hergeſtellte linke Widerlagermauer eingedrückt, ſo daß ſie abgetragen und neu hergeſtellt werden mußte. In Figur 19a, b, d Tafel XVI, iſt die proviſoriſche Zimmerung zur Wiederherſtellung dieſer Widerlagermauer durch die ſtark gezogenen Linien, in Figur 20 a, b, c, die Auswechſelung der Zimmerung während der Mauerung durch die ſchwach gezogenen Linien erſichtlich gemacht. Endlich iſt in den Figuren 22 a, b, und 23 a, c, Taf. XVI der Vorgang der Zimmerung für den Aushub und die Mauerung des Theiles hinter den ſtehengebliebenen Widerlagern dargeſtellt.

Nach Aufführung der Widerlagermauern wurde zur Aufſtellung der aus einem Schrengwerke beſtehenden Lehrbögen für das obere Gewölbe geſchritten. Auf dem Vorſprung der Fußſteine wurden Schwellen als Auflager für die aufgeſetzten Säulen gelegt, in der Höhe des Gewölbanlaufes über dieſen Säulen abermals Säulen eingezogen und auf dieſe die Lehrbögen mit unterlegten Keilen aufgeſtellt. Ueber die Lehrbögen kamen endlich behufs der Auswechslung der Zimmerung während des Fortſchreitens des Mauerwerkes, Fig. 23 b, 6 Stück Schwellen, auf welche die Polygonhölzer durch unterſetzte Stempel geſtützt wurden.

Auf dieſe Art wurde durch unausgeſetzte, ſehr angeſtrengte oft ſehr gefährliche Arbeit das Gewölbe zum Schluſſe gebracht, und der Bau ohne weitere Hinderniſſe beendet.

Tunnel durch den Weberkogel

der Staats-Eisenbahn über den Semmering,

von Johann Spinka, k. k. Ingenieur-Assistent.

Tafel XVII, XVIII, XIX.

Da, wo die Semmeringbahn die beiden Adlitzgräben, den untern und den obern, übersetzt, erhebt sich zwischen den beiden Gräben ein ziemlich steil ansteigender Bergrücken, Weberkogel genannt, welcher von der Bahn mittelst eines Tunnels durchbrochen wird.

Die gegenwärtige Länge des Tunnels beträgt 1285·56 Fuß, von welcher 12 Fuß auf die beiden Facaden und 135·12 Fuß auf den gewölbten Einschnitt als Verlängerung des Tunnels entfallen, so daß die Länge des Tunnels für den Bau mit 1138·44 Fuß sich ergibt. Das Niveau desselben ist in der Richtung von Wien nach Triest ein steigendes wie 1 : 45. Die Richtung der Bahn im Tunnel ist eine gerade Linie von 871·8 Fuß Länge, welche gegen die beiden Tunnelausgänge in Kurven mit den Halbmessern von 600 Fuß ausläuft.

Das Materiale, aus welchem der Bergrücken zusammengesetzt ist, und welches man bei der Durchbrechung gefunden hatte, besteht vorherrschend aus Talkschiefer mit Wechselschichten von weichem Sandstein. Zwischen diesen Schichten liegen zerstreut einzelne Lagen von Dolomit und von Quarz, welche mit den ersteren Schichten parallel fortlaufen. Die Schichtung in Bezug auf das Tunnelprofil ist eine liegende und läuft unter einem sehr sanften Winkel mit dem Tunnel fort. Der erwähnte vorherrschende Talkschiefer und Sandstein führt viel Wasser, welches während des Baues oft sehr hindernd auftrat und vielen Druck auf die Zimmerung ausübte.

Der Tunnel wurde von den beiden Eingängen und mittelst zweier senkrechter Schächte, von welchen der westliche eine Tiefe von 150·9 Fuß, der östliche eine Tiefe von 148.8 Fuß bis zur Schiene hatte, in Angriff genommen.

Der Tunnelbaubetrieb war genau derselbe wie jener des Tunnels durch den Wolfsberg, und ist bereits dort ausführlich beschrieben (siehe Seite 169).

Die Schachtzimmerung bestand aus einzelnen gewöhnlichen Schachtkränzen, Fig. 1 u. 2, Tafel XVII, hinter welchen die Pfähle eingeschoben waren. Die Entfernung der Schachtkränze betrug in den ersten 65 Fuß Tiefen 7 Fuß von Kranz-Mitte zu Mitte, in den folgenden Tiefen mußte diese bis auf 3 Fuß vermindert werden, und in der Tiefe von 86 Fuß zeigte sich selbst diese Schachtkranz-Entfernung als ungenügend, so daß theils Zwischenkränze eingebaut, theils die ganze Schachtzimmerung in der Art verstärkt werden mußte, wie dies durch den schwach gezogenen Linien in den Figuren 1 und 2 und den Querschnitten A B und C D angedeutet ist. Sobald die Schächte abgeteuft waren, wurde sogleich von jedem derselben der Baubetrieb im Tunnel nach rechts und links begonnen, wodurch der Bau des Tunnels an sechs Angriffspunkten fortgeführt werden konnte.

Die Schachtunterfangung, welche durch die stark gezogenen Linien Fig. 1 und 2, und Querschnitt Tafel XVII dargestellt ist, wurde bei der Einwölbung je nach dem Vorwärtsschreiten des Mauerwerkes ausgewechselt, wie dieß in den Figuren 1, 3, 4, 5 und 6 durch die schwach gezogenen Linien ausgedrückt ist, und um die unter den Schächten später angeordnete Verstärkung des Mauerwerks auf 6 Fuß ausführen zu können, wurde bei der Auswechslung der Schachtunterfangung zugleich die Erweiterung der Aushebung vorgenommen.

Die Erweiterung der Mauer unter den Schächten beträgt in den Fundamenten 6 Fuß, worauf auch bereits bei Versetzen der Fußsteine Rücksicht genommen ist. Für die Aufmauerung über der Schiene wurde die Erweiterung auf 21 Fuß von der Tunnelaxe bewirkt und an den beiden Tunnelwänden senkrecht bis zur Höhe des inneren Gewölbeschlusses aufgeführt, wobei die Wandruthen, Schwellen und Verpfählung eingemauert werden mußten. Fig. 6.

Nachdem das Gewölbe unter den Schächten geschlossen war, wurde dasselbe am Scheitel unmittelbar unter dem Schacht ausgeglichen, zum Schutze gegen die eindringende Näße mit einer Asphaltdecke überzogen, und sodann die beiden Schächte verschüttet. Zur Verminderung des Vertikal-Druckes der Anschüttung auf das Tunnelgewölbe sind im westlichen Schachte zwei Gurten, jede von 3 Fuß Stärke, die untere in der Höhe von 75 Fuß, die obere in der Höhe von 120 Fuß über der Schiene; im östlichen Schachte eine Gurte in der Höhe von 109 Fuß über der Schiene, von einer Schachtwand zur andern Schachtwand gespannt, welche die darüber liegende Anschüttung zu tragen haben.

Das Mauerwerk der Widerlager besteht vom östlichen Tunnel-

Eingang auf eine Länge von 346 Fuß, vom westlichen auf eine Länge von 385 Fuß aus Quadern von den Brüchen der nächsten Umgebung; das sämmtliche übrige Mauerwerk der Widerlager und des oberen Gewölbes aus Ziegeln vom Wienerberge nächst Wien. Zum Mörtel ward gut gelöschter, gewöhnlicher Kalk mit reschem Sand verwendet.

Während des Baues trat vor und hinter dem östlichen Schachte eine Bewegung in dem durchbrochenen Gebirge ein, welche das fertige Tunnelmauerwerk nicht unbedeutend verdrückte. Um einem gänzlichen Einsturz vorzubeugen, wurde der schadhafte Theil schleunigst eingerüstet, Fig. 8, 9, 10, 11 und 12, Tafel XVIII, und hierauf eine Auswechslung des Mauerwerks in einzelnen Gurten, wie das Längenprofil Fig. 7, Tafel XVIII zeigt, vorgenommen.

Bei dieser Auswechslung erhielt das neu hergestellte Mauerwerk folgende Dimensionen: in den Gurten 1, 2, 3, 4 und 5 rechts eine Stärke von 6 Fuß; in den Gurten 2, 3, 4, 5 links und 6, 7, 8, 9 rechts eine Stärke von 5 Fuß.

Bei den Gurten 1, 2, 3, 4 rechts und links mußte das ganze Mauerwerk bis auf die Fußsteine abgetragen werden, Fig. 13, a, b, c, Taf. XVIII; gleichzeitig mit dieser Abtragung geschah die Erweiterung und Ausrüstung für das neu herzustellende verstärkte Gewölbe folgender Art: Es wurden auf die Einrüstungszimmer, Fig. 13, b, Schwellen gelegt, auf welche die Stempel zur Unterstützung der Polygonhölzer zu stehen kamen. Sowohl die Schwellen als auch die Stempel waren unter sich durch Streben verbunden, um eine Verrückung zu verhindern. Hinter den Polygonhölzern waren die Wände verpfählt worden.

Während der Aufführung des Mauerwerks wurden die Verschalungszimmer, welche als Lehrgerüste für die Einwölbung dienten, Fig. 13, c, durch Aufsätze zur Erzielung des normalen Tunnelprofils ergänzt, die Fußsteine angesetzt und die Mauerung hergestellt, wobei jedoch die Verpfählung eingemauert werden mußte.

In jenem Theile des zerdrückten Tunnelraumes, in welchem sich ein Sohlengewölbe befand, war die Ausführung der Bölzung und Ausrüstung, wie selbe in den Figuren 14, a, b, c, 15, a, b, c und 16, a, b, c dargestellt ist. Auf die Vorsprünge der Fußsteine wurden beiderseits Schwellen gelegt, welche als Auflager für die Wandruthen dienten; über diese kamen in einer Höhe von 12 Fuß über der Schiene neue Schwellen und darauf die aus einem Sprengwerk bestehenden Lehrgerüste zu liegen, Fig. 14, 15 und 16, Taf. XVIII und XIX.

Zur Verstärkung der genannten Lehrgerüste wurde denselben außer-

dem eine Mittelunterſtützung gegeben, indem nämlich auf das Sohlengewölbe in der Tunnelaxe längs des Tunnels eine Schwelle zu liegen kam, darauf in der gleichen Höhe der Schwellen an den Wänden eine dritte Schwelle mittelſt Säulen geſtellt, und von dieſer aus die Lehrbögen durch je zwei Streben und Unterzüge gefangen wurden.

Dieſes ganze Untergeſtell für die Lehrbögen war unter ſich verbunden, indem bei jedem zweiten Geſpärre die auf den Fußſteinen ruhenden Schwellen für ſich, und die obere mittlere Schwelle gegen die beiden andern obern Schwellen mit horizontalen Spreizen und Bolzen abgeſteift wurden.

In der Höhe von 6 Fuß über der Schiene erhielt dieſes Untergeſtell für die Lehrbögen eine weitere Verſtärkung durch eine horizontale Abſteifung der Säulen mit Wandruthen und horizontalen Streben, welche mittelſt Säulen und Schwellen am Sohlengewölbe aufſtanden. Sowohl über dieſe Abſteifung, als auch über die obere kamen Pfoſtenböden zu liegen, welche zum Material-Transport und als Depot-Plätze für die Mauer-Materialien dienten.

Mit Ausnahme der Gurten 7, 8, 9, (Fig. 7, Taf. XVIII) mußte dieſe beſchriebene Auswechslung im ganzen Umfange des Mauerwerks ſammt dem Sohlengewölbe vorgenommen werden. In den Gurten 7 und 8 (Fig. 15, a, b, c) war das Sohlengewölbe, in der Gurte 9 (Fig. 16, a, b, c) das Sohlengewölbe und die beiden Widerlager auf eine Höhe von 6 Fuß unbeſchädigt geblieben; daher auch die Auswechslung des Mauerwerks bei den erſten 2 Gurten, bei den Fußſteinen, bei der Gurte 9 dieſe in der Höhe von 6 Fuß über den Fußſteinen begonnen werden konnte.

Haupt-Tunnel

der Semmeringer Gebirgsbahn zwischen Wien und Triest,

von Johann Spinka, k. k. Ingenieur-Assistent.

Tafel XX, XXI, XXII.

In der Wasserscheide der Gebirgsbahn über den Semmering ist in der Höhe von 2788·9 Fuß über der Meeresfläche der Semmeringer Haupttunnel in einer geraden Linie 4518·60 Fuß lang und 386·4 Fuß tief unter der Oberfläche durchgegraben. Die Wasserscheide liegt nahe in der Mitte des Tunnels, das Gefälle der Bahn von daselbst beträgt nach Nord und Süd 1 : 300.

Die Arbeiten für den Bau des Tunnels wurden von den beiden Eingängen und mit der Abteufung von 9 Schächten begonnen, so daß nach Beendigung der Schachtarbeiten der Bau des Tunnels von 20 Angriffspunkten betrieben wurde.

Die Schächte Nr. 1, 3 und 5, waren in schiefer Richtung, die übrigen Schächte jedoch senkrecht, alle in der senkrechten Ebene der Tunnelare abgeteuft, durch welche Anordnung, wie die Figur 1, Tafel XX zeigt, sowohl an Aufsichtspersonale als auch an Betriebskraft für die Material- und Wasser-Förderung eine Ersparniß erzielt wurde.

Die Tiefe der senkrechten Schächte betrug:

Schacht 2	306·54	Fuß
Schacht 4	310·62	„
Schacht 6	273·48	„
Schacht 7	227·88	„
Schacht 8	166·38	„

Die Tiefe oder respective Länge der schiefen Schächte betrug:

Schacht 1	242·16	Fuß
Schacht 3	418·20	„
Schacht 5	440·22	„

Die Entfernung der einzelnen Schächte von einander in der Axe und der Schienenhöhe des Tunnels war folgende: Vom nördlichen

Mundloch * Schacht 1	653·40	Fuß
Schacht 2	349·56	„
Schacht 3	354·12	„
Schacht 4	293·16	„
Schacht 5	310·74	„
Schacht 6	339·90	„
Schacht 7	416·40	„
Schacht 8	494·10	„
Schacht 9	599·16	„
südliches Mundloch	699·06	„
Geſammt-Länge	4518·60	Fuß.

Zum Betrieb der Material-Förderung, für das Waſſerſchöpfen ferner der Ventilatoren waren 9 Dampfmaſchinen bei den Schächten aufgeſtellt worden, welche Tag und Nacht unausgeſetzt fortarbeiteten, ſo daß dieſes großartige Werk innerhalb der verhältnißmäßig ſehr kurzen Zeit von 37 Monaten, nämlich vom Juli 1849 bis Auguſt 1852, vollſtändig ohne alle größere Hinderniſſe vollendet war.

Der Bergrücken, durch welchen der Tunnel gebrochen iſt, iſt zuſammengeſetzt aus Talkſchiefer, Thonſchiefer, Quarzſand, Quarzgeſtein, Kalkſtein, Kalktuff und Dolomit, und zwar wurden dieſe Formationen, während der Arbeit in folgender Reihenfolge gefunden: Im Tunnel ſelbſt iſt das Quarzgeſtein vorherrſchend, und iſt am nördlichen Mundloch von Kalkſtein, zwiſchen dem 3. und 4. und zwiſchen dem 5. und 6. Schachte von Dolomit, ferner zwiſchen dem 8. und 9. Schachte von einer mächtigen Schichte Quarzſand, endlich am ſüdlichen Mundloch von einer Lage Kalktuff durchzogen. Im Schacht 1 waren durchbrochen worden: die oberſte Schichte, 24 Fuß mächtig, Talkſchiefer, ſodann durch 18 Fuß Dolomit, darauf eine 42 Fuß mächtige Quarzſandſchichte, endlich der Reſt in Quarzgeſtein. Im Schacht 2 war die obere Talkſchieferſchichte 42 Fuß; der darauf folgende Dolomit 204 Fuß mächtig, der Reſt Quarzgeſtein. Der Schacht 5 beſteht in ſeiner oberſten Schichte, 12 Fuß mächtig, aus Talkſchiefer, ſodann durch eine Tiefe von 180 Fuß aus Dolomit, der Reſt aus Quarzgeſtein. Im Schacht 6 wurden angefahren durch die erſten 144 Fuß Tiefe abwechſelnd Thon und Talkſchiefer, ſodann durch 48 Fuß Tiefe Dolomit und der Reſt Quarzgeſtein. In dem Schacht 7 fand man die obere Schichte Schotter 12 Fuß mächtig, darauf Thonſchiefer 54 Fuß ſtark, dann Quarzſand 42 Fuß mächtig, endlich der Reſt Quarzgeſtein. In dem Schacht 8 hatte die obere Schichte Schotter 12 Fuß, dieſem folgte

durch 90 Fuß Tiefe Thonſchiefer, ſodann durch 24 Fuß Quarzſand; der Reſt Quarzgeſtein.

Der Waſſerzufluß war beſonders in den Schächten 6, 7 und 8 ein bedeutender und verurſachte bei dem Umſtande, daß die Geſteins-Formation größtentheils aus Thon und Talkſchiefer gebildet war, für den Bau ſehr weſentliche Erſchwerniſſe.

Der Baubetrieb für den Tunnel war folgender: In der Schienenhöhe und der Tunnelaxe wurde ein Richtſtollen mit 6 Fuß lichter Höhe und 4½ Fuß lichter Weite getrieben, deſſen Auszimmerung Fig. 1 und 1 g, Tafel XX, in einem Thürſtockgerüſte von $^9/_{10}$ zölligem Gehölze mit Kappen, Säulen und Schwellen, und einer überſchobenen Verpfählung des Firſtes und der Seitenwände beſtand.

Die Entfernung der einzelnen Geſpärre betrug 3 Fuß, und dieſe wurden mit einander durch Bolzen in Verbindung gebracht; außerdem waren ſie noch durch 6 Stempel abgeſteift.

Nachdem der Stollen eine Strecke weit vorgetrieben war, wurde der eigentliche Baubetrieb des Tunnels in 3 Etagen begonnen. Im Firſt des Tunnelprofiles wurde der Vorbruch mit einer Höhe von 8 Fuß und der Breite von 10 Fuß eröffnet, indem die Kappe für die Polygonzimmerung tangirend an den äußeren Gewölbsſchluß aufgehängt und durch 2 proviſoriſche Stempel in der Entfernung von 4½ Fuß unterſtützt wurde. Figur 1 und 1 a. Hierauf erfolgte die Erweiterung des Vorbruches nach rechts und links, Fig. 1 b, wobei nach und nach die Sparren des Sparrengeſtelles eingebaut, dieſe durch proviſoriſche Stempel unterſtützt und die Decke ſolid verpfählt wurde.

Nachdem dieſe Arbeit eine Strecke weit beendet war, wurde die mittlere Etage in Angriff genommen, Fig. 1 c, d indem in der Höhe von 14 Fuß über der Schiene eine Schwelle zu liegen kam, auf welche nun die Kappen durch die beiderſeitig eingezogenen Unterzüge und die definitiven Bockſäulen, ferner die beiden Sparren gleichfalls durch je einen Unterzug, ferner Hülfsſäulen und Sparrenſtempel aufgeſtellt wurden. Die folgende Arbeit beſtand in der ferneren Erweiterung des oberen Gewölbes, indem die Füße aufgehängt, die bereits erwähnte Schwelle durch Ueberplattung bis zur Tunnelwand beiderſeitig verlängert, ſodann die Unterzüge für die Füße eingezogen und dieſe mittelſt Fußſtreben unterſtützt wurden.

Der Abbau der unteren Etage geſchah, indem der früher erwähnte getriebene Richtſtollen nach aufwärts bis unter die Mittelſchwellen erhöht und ſodann beiderſeits bis zur Tunnelwand erweitert wurde. Die Auszimmerung folgte unmittelbar dem Aushub, indem an der Sohle eine

Schwelle zu liegen kam, auf welche die mittlere Schwelle und durch dieſe das ganze obere Bolzungsgeſtelle mittelſt 4 Bockſäulen aufgebölzt wurde. Bei der Erbreiterung nach rechts und links für das volle Profil wurde die untere Schwelle beiderſeits verlängert, an den Tunnelwänden die Polygonhölzer eingebaut, dieſe durch je 4 Einſtriche gegen die Bockſäulen geſtemmt, die Wände verpfählt und das ganze Geſtelle durch Bolzen abgeſteift.

Auf dieſe Art und Weiſe war der ganze Tunnelraum vollſtändig ausgehoben und verzimmert worden. Bei der Zimmerung war man beſonders darauf bedacht, daß die einzelnen Bölzungsgeſtelle, welche gleichſam aus drei Theilen, dem Sparrengeſtelle, dem oberen und dem unteren Bölzungsgeſtelle, zuſammengeſetzt waren, genau in einer ſenkrechten Ebene ſtanden, ferner daß ſtets eine ſolide und gehörige Abſteifung und Verbindung der Geſtelle unter einander erzielt wurde.

Die eben beſchriebene Zimmerung war jedoch nicht die allgemeine, längs des ganzen Tunnels angewendete, obgleich das Grundprinzip derſelben beibehalten wurde. Je nach der Beſchaffenheit des Terrains wurde dieſe entweder verſtärkt oder verſchwächt. Streckenweiſe war das Aushubmateriale ſo feſt und ſicher, daß eine bloße Spreizung der Wände oder einzelner Steine nöthig war, wie die Figuren 3, 4, 5, 6, 7, Tafel XXI, zeigen. Im Gegenſatz zu dieſen kamen wieder Strecken vor, wo ſelbſt die ſtärkſte Zimmerung zuſammengedrückt wurde, ſo daß dieſelbe ausgewechſelt und, um das Mauerwerk einbauen zu können, das Profil nachgearbeitet werden mußte. Dieſe Verdrückungen, Figur 8 und 9, Tafel XXI, zeigten ſich vorzüglich an jenen Stellen, wo der Waſſerandrang (vom ſüdlichen Mundloch bis gegen Schacht 6) am heftigſten war.

Die Verſtärkung der Zimmerung geſchah theils durch Einbauung von Hülfshölzern in jedem Geſtelle ſelbſt, theils durch Aufſtellung von ganzen Zwiſchengeſtellen, und da die Normalentfernung der Geſtelle $2\frac{1}{2}$ Fuß von Mitte zu Mitte betrug, ſo war durch die Einbauung der Zwiſchengeſtellen eine Zimmerung Mann an Mann hergeſtellt worden. Daß in ſolchen Strecken der ganze Tunnelraum verpfählt werden mußte, bedarf wohl keiner ferneren Erwähnung.

An einigen Stellen wurde das Materiale ſo ſchlecht und aufgeweicht, daß ſelbſt die Flächen im Querſchnitt, die Stirn- oder Ortflächen, jedesmal verpfählt werden mußten. Fig. 2, Tafel XX.

Der Vorbruch wurde in dieſem Falle nach der oben beſchriebenen Weiſe fortgeſetzt, jedoch derſelbe für die Einſetzung der Füße unter Einem mit den Sparren erweitert, wobei die Stirnflächen verpfählt und die vor dieſe Verpfählung geſetzten Wandruthen durch Streben gegen das letzte

Zimmer Fig. 2, 2a, 2b, 2c, Tafel XX, abgespreizt wurde. Die eingebauten Sparren und Füße mit ihren Unterzügen wurden vorläufig durch provisorische Säulen auf provisorische Schwellen gestützt und dann nach dem Abbau der mittleren Etage diese durch das definitive Bölzungsgestelle ausgewechselt. Die Arbeiten in der dritten Etage waren dieselben, wie bereits beschrieben ist, bloß mit dem Unterschiede, daß die Stirnflächen gleichfalls verpfählt werden mußten, Fig. 2d, 2e.

Die senkrechten Schächte hatten in ihrem Querschnitt eine Länge von 12 Fuß, eine Breite von 27 Fuß. Die Breite war in fünf Felder abgetheilt, Fig. 10, Tafel XXI, wovon die beiden äußern für die Material-Förderung, das mittlere Feld zur Fahrt für die Arbeiter benützt wurden. Die Fahrt selbst war mittelst Leitern eingerichtet.

Die Schachtzimmerung bestand aus Schachtkränzen aus $^{12}/_{12}$ zölligem weichen Holz, welche mit ihren Köpfen in den Ixen stumpf an einander gepaßt waren. Hinter den Schachtkränzen wurden die Pfähle eingeschoben. Je nach der Beschaffenheit des Materials waren die Schachtkränze von 3 zu 3 oder von zwei 2 zu 2 Fuß eingebaut und diese durch Stempel in den Ixen auf einander gestützt. Von 12 zu 12 Fuß wurden horizontale Schwellen gebaut, welche 3 Fuß hinter die Verpfählung in das Terrain reichten und dort in Bühnenlöchern auflagen, und als Auflager für die oberhalb stehende Schachtzimmerung dienten.

Die Schachtunterfangung bestand aus einem Sprengwerk, welches auf den beiden Schwellen a (Fig. 10, Taf. XXI) auflag. Die Schwellen wurden durch Spreizen b abgesteift und auf diese die unter den Durchzügen angebrachten Streben c gestützt.

Bei der Erweiterung für das volle Tunnelprofil wurden in der Entfernung von 18 Fuß von der Tunnelaxe und 14 Fuß von der Schiene (Fig. 15, b, Taf. XXII) eine zweite Schwelle beiderseits eingezogen, darauf die oberen Schwellen durch Streben gestützt und durch Spreizen abgesteift.

Bei der Abteufung der schiefen Schächte wurden die Zimmer, welche aus Schachtkränzen wie bei den senkrechten Schachten bestanden, von 3 zu 3 Fuß aufgestellt. Auf die untere Fläche wurden beiderseits Fig. 11, Taf. XXI, Schwellen gelegt und auf diese die durch die Stempel unterstützten Kappen aufgesetzt, die Seitenwände und die Decke verpfählt und die Schwellen, so wie die Kappen, unter sich durch Spreizen abgesteift.

Die schiefen Schächte hatten eine Breite von $19^1/_2$ Fuß, eine Höhe von 8 Fuß und an der Oberfläche eine lichte Länge von 9 Fuß, welche bei der Einmündung in den Tunnel auf 15 Fuß erweitert wurde.

Für die Schachtunterfangung wurden in der Höhe von 32 Fuß über der Schiene Fig. 11, Taf. XXI, an den beiden Längenseiten je 2 Schwellen eingezogen, über diese eine dritte gelegt und diese Schwellen durch 15 Fuß lange Spreizen abgesteift, auf welche die letzten 3 Stempel der erweiterten Schachtzimmerung eingelassen waren. Unter diese Schwellen kamen sodann beiderseits nach dem in Fig. 11, a, Taf. XXI verzeichnetem Querschnitte zwei verschraubte Zimmer und in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ Fuß von diesen zwei weitere verschraubte Zimmer zu stehen. Die Zimmer wurden durch Spreizen gegen einander abgesteift.

Die Materialförderung durch die Schächte wurde durch Dampfmaschinen bewerkstelligt. Das ausgegrabene Materiale wurde auf Hunde verladen, welche im Tunnel auf provisorischen Bahnen bis zum Schacht geschafft, durch diesen an Drahtseilen mittelst der Dampfmaschinen hinaufgefördert und oben auf provisorischen Bahnen weiter verführt, während die zweiten leeren Hunde gleichzeitig hinabgelassen wurden. An den beiden Tunnel-Eingängen war die Materialförderung gleichfalls auf provisorischen Bahnen bewerkstelligt.

Der Wasserandrang in den durch die Schächte betriebenem Tunneltheil wurde bis zum bewerkstelligten Tunneldurchschlag durch Pumpen beseitiget, welche gleichfalls durch die aufgestellten Dampfmaschinen betrieben wurden.

Die in den Schacht Nr. 8 eingesetzte Wasserpumpe war mit der beim Schachte Nr. 7 aufgestellten Dampfmaschine durch ein Holzgestänge verbunden und in Betrieb gesetzt.

Das Tunnelmauerwerk besteht in den Widerlagern und im oberen Gewölbe aus Ziegeln aus der Umgebung von Wien und aus Kalk, der schwache hydraulische Eigenschaften enthielt und mit reschem Sand vermischt ist; die Fußsteine aus Kalkstein.

Die Stärke des Mauerwerkes ist der Festigkeit des durchgegrabenen Erdreichs entsprechend aufgeführt, und zwar sind im festen Materiale die Widerlager Fig. 12, Taf. XXII, 3 Fuß, des Gewölbes am Schluß $2\frac{1}{2}$ Fuß stark ausgeführt. In dem mit Wasser geschwängerten Erdreich sind die Widerlager mit dem Gewölbsfuß $4\frac{1}{2}$ Fuß, der übrige Theil der Tonne 5 Fuß stark ausgeführt, Fig. 14, Taf. XXII. In diesen Tunneltheilen sind ferner Gegengewölbe $2\frac{1}{2}$ Fuß stark eingebaut.

Zunächst den Schächten ist das Tunnelgewölbe verstärkt. Dasselbe hat auf 24 Fuß Länge eine Stärke von 6 Fuß, welche auf weitere 24 Fuß Länge, Fig. 15, 15 a, 15 b, auf die normale Gewölbsstärke verläuft; die Polygonhölzer sammt der Verpfählung wurden eingemauert. Die Konstruktion der Lehrgerüste ist in Fig. 13 und 15 a, Taf. XXII, deutlich dargestellt.

Die Schächte Nr. 1, 3, 4 und 6 sind unterwölbt, asphaltirt und wurden verschüttet, Fig. 16, Taf. XXII, wobei an den Wänden zum Durchsickern des Wassers in einer Stärke von 2½ Fuß Steine geschlichtet wurden. Bei den Schächten 3 und 4 sind in der Höhe von 102 Fuß über dem Tunnelgewölbe Entlastungsgurten eingebaut, deßgleichen bei dem Schachte Nr. 6, Fig. 16, in der Höhe von 33 Fuß und einer zweiten Höhe von 96 Fuß über dem Tunnelgewölbe.

Diese Entlastungsgurten sind quer durch das Schachtrohr gespannt, haben ihre Widerlager in dem natürlichen Terrain der Schachtwände, und sind aus Ziegeln mit einer Stärke von 3 Fuß hergestellt. Während der Verschüttung dieser Schächte, welche sehr vorsichtig und solid in einzelnen Schichten von 3 bis 4 Fuß Höhe gemacht wurde, um allzugroße Setzungen zu vermeiden, war das Schachtzimmerungsholz nach und nach entfernt und zu Tage gefördert worden.

Die Schächte 2, 5, 7 und 9 sind ausgemauert. Der Querschnitt der Ausmauerung ist kreisrund, wobei der Durchmesser der lichten Oeffnung 7 Fuß und die Mauer eine Stärke von 3 Fuß hat. In Höhen von 30 zu 30 Fuß sind, Fig. 17, 3 Fuß starke Entlastungsgurten eingespannt, und über diesen und hinter dem Schachtmauerwerk der leere Raum mit Steinen ausgeschlichtet.

Die Schachtmauerung steht auf einem im Tunnelgewölbe eingemauerten 4½ Fuß hohen und 3 Fuß starken Quaderkranz, reicht an der Oberfläche 8 Fuß über das Terrain empor und ist mit einem Blechdach, welches auf 2 Fuß hohen eisernen Trägern ruht, überdeckt.

Die Ausmauerung, welche erst begonnen und ausgeführt wurde, nachdem das Tunnelgewölbe vollständig geschlossen und die Schächte nicht mehr zur Förderung benützt wurden, geschah von unten nach oben mit Ziegeln vom Wiener Berge, wobei gleichzeitig mit dem Emporschreiten derselben die Schachtzimmerung nach und nach entfernt und die Ausschlichtung mit Steinen und Erde hinter dem Mauerwerk bewerkstelligt ward.

Wie bereits früher erwähnt, war der Wasseranbrang in einzelnen Tunneltheilen ein sehr bedeutender, und es waren bereits während des Baues mehrere Versuche gemacht worden, das Wasser von dem Mauerwerk abzuleiten und dadurch für die Zukunft nachtheiligen Folgen vorzubeugen.

Es wurde zu diesem Zwecke über das Gewölbe ein Asphaltüberguß angebracht und über demselben die Ausmauerung bis zur Verpfählung fortgeführt. Da dieser Vorgang sich jedoch als ungenügend erwies, so wurde der Versuch gemacht, das Wasser durch Anbringung einer asphaltirten Leinwand von dem Gewölbemauerwerk abzuleiten. Diese

Leinwand wurde im oberen Tunnelgewölbe an die Verpfählung angenagelt und das Mauerwerk dahinter aufgeführt. In der Höhe der Widerlager mauerte man zugleich beiderseits an den Tunnelwänden steinerne Rinnen ein, von welchen streckenweise eiserne Röhren hinter der Mauer herabliefen, welche das Wasser in der Höhe der Fußsteine durch das Mauerwerk in den Haupt-Wasserabzugskanal leiten sollten. Fig. 16 u. 17, Taf. XXII.

Aber auch diese Ableitungsart zeigte sich in der Folge als ungenügend, indem das Wasser durch das Gewölbe und die Widerlager durchzusickern begann und für das Mauerwerk, besonders im Winter, sehr nachtheilige Folgen hatte.

Bereits im Winter 1853—1854 hatte das Gewölbe an den feuchten Stellen durch die Eisbildung derart gelitten, daß im Frühjahr 1854 schon Auswechslungen an einzelnen Stellen vorgenommen werden mußten.

Auch in den offenen Schächten war die Eisbildung der Art, daß einzelne derselben ganz bis an die Schachtkränze mit Eis verlegt wurden, und im Frühjahr bei eintretendem Thauwetter ganze Eisblöcke herabfielen. Diesem Uebelstande wurde in der Folge dadurch größtentheils gesteuert, daß im Winter die Tunneleingänge durch Thore abgesperrt und die Schächte oben vollkommen luftdicht zugedeckt wurden, ferner die durch die Thore eindringende Luftströmung durch Heizung großer eiserner Oefen erwärmet und dadurch dem Tunnel eine mildere Temperatur gegeben wurde.

Die durch das Mauerwerk fortwährend dringende Nässe übte jedoch ihren natürlichen schädlichen Einfluß ununterbrochen auf das Ziegelmauerwerk aus und die Beschädigungen an demselben nahmen der Art überhand, daß in den Jahren 1855 — 1856 Auswechslungen und Reparaturen in großem Maßstabe nöthig wurden.

Diese Auswechslungen mußten mit äußerster Vorsicht vorgenommen werden, da der starke Personen- und Frachten-Verkehr über den Semmering nicht unterbrochen werden durfte. Die einzige Erleichterung bestand darin, daß der Verkehr durch den Tunnel bloß auf ein Geleise beschränkt wurde.

Zur Auswechslung dieser schadhaften Stellen, welche früher solide eingerüstet worden waren, wurden in den sehr stark nassen Strecken Kalksteinquadern, in den minder nassen Wienerberger Ziegel verwendet. Als Bindemittel diente Portland-Cement nebst hydraulischem Kalk von Sagor und Kufstein, gemengt mit reschem Flußsand.

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Einleitung 1

I. Tunnelanlage 7

II. Tunnelbau im Allgemeinen.

a) Allgemeines 15
b) Gebräuchliche Benennungen 16
c) Wasserschöpfen 20
d) Böse Wetter 21
e) Beleuchtung 22
Tabelle über verbrauchte Oelquantitäten 23
f) Fortschritt . . . . . —
Vergleichende Zusammenstellung des täglichen Fortschrittes verschiedener ausgeführter Tunnelbauten 25

III. Tunnelaushub und Förderung.

a) Allgemeines 26
b) Werkzeuge und Requisiten . . . . . —
Tabelle über verbrauchte Pulverquantitäten bei Sprengung 29
c) Vorgang beim Bau 32
1. Methode, nach welcher die Widerlager abgeteuft werden, nachdem das obere Gewölbe ausgearbeitet und das Mauerwerk geschlossen ist . . 33
2. Methode mit Anwendung des Mittelkörpers 35
3. Methode des Vorganges mit vollem Profil 36
Abteufung der Schächte 40
Ueberhöhung des Tunnelaushubes 43
Angriffnahme der Tunnelarbeiten von den Eingängen oder Mundöffnungen 45
d. Förderung 46

IV. Tunnelzimmerung.

a) Allgemeines 48
b) Holzgattungen 49
c) Grubenzimmerung 53
d) Tunnelzimmerung 59
1. Methode: Zimmerung mittelst Langpfählen 60
2. Methode: Zimmerung mittelst Querpfählen 67
Zusammenstellung verwendeter Material-Quantitäten für die Zimmerung verschiedener ausgeführter Tunnelbauten 72
e) Schachtzimmerung und Unterfangung . . . . . —

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

Form 419